

5月

(第81卷・第5冊・第872号)

昭和22年8月26日
第三種郵便物認可

昭和36年4月26日印刷
昭和36年5月1日発行

(毎月1回)
1日発行

電気学会雑誌

The Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan

May

1961



東京電力株式会社 川崎火力発電所 納

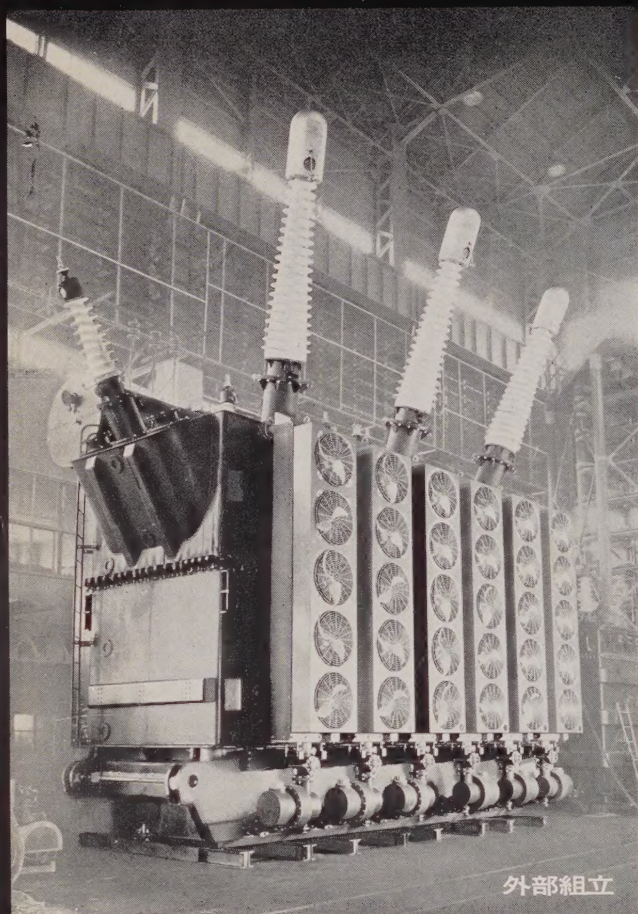
224,000KVA 発電機

日立製作所 日立工場

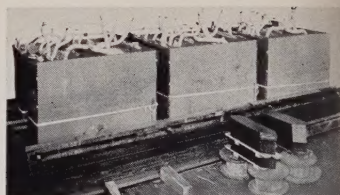
東京電力株式会社 川崎火力発電所 納

224,000kVA 発電機

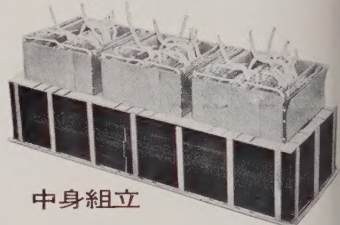
(日立製作所製)



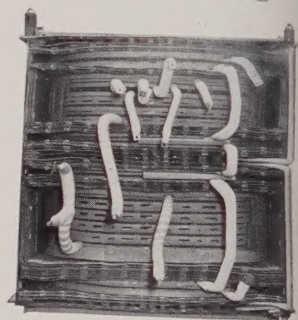
外部組立



コア1/2積み



中身組立



絶縁組立

三菱 超高压変圧器 172,500 kVA

(関西電力・大阪変電所向け)

この変圧器は芦刈瀬、棕呂など熊野電源地帯から送られてくる電力の連系用変圧器で 一次側の受電圧は将来の超高压昇圧に備えて直並列の内部切換えで 275,000V と 140,000V を共用できる設計になっています

仕様

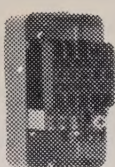
- 形式 ● 三相、外鉄形フォーム・フィット、サージブーフ、窒素封入形
- 等価容量 ● 172,500 kVA 送油風冷式
- 容量 ● 一次 150,000 kVA 二次 150,000 kVA 三次 45,000 kVA
- 電圧 ● 一次 275 kV-262.5 kV-250 kV (R) および 140 kV 二次 77 kV 三次 15.4 kV
- 周波数 ● 60%
- 総重量 ● 251 t
- 油量 ● 6,300 l

三菱電機株式会社

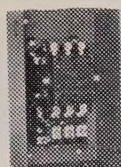




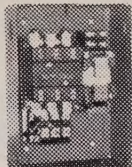
RC3931-0
220V 1.1kW
モートルまで



RC3931-5-1
220V 3.7kW
モートルまで



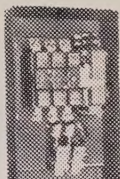
RC3931-2
220V 5.5kW
モートルまで



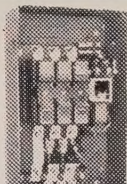
RC3931-4
220V 11kW
モートルまで



RC3931-6
220V 20kW
モートルまで



RC3931-8
220V 33kW
モートルまで

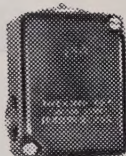


RC3931-10
220V 40kW
モートルまで

電磁開閉器



形 K244XP-2
(1A1B接点)
ケースカバー
ローラーなし



K244g-2 (1A1B接点)
ケースカバー付
ローラーなし



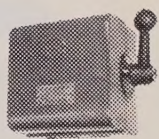
K244gR-2 (1A1B接点)
ケースカバーローラー付



K138x-2C
埋込形前面板なし



K138e-2C
埋込形前面板付



K138g-2C
ケースカバー付

リミットスイッチ AC 550V, DC 600V 10A

カムスイッチ AC 550V 15A



ツマミ形
押ボタンスイッチ
RC470-F



突出形
押ボタンスイッチ
RC470-E



大形
押ボタンスイッチ
RC470-M

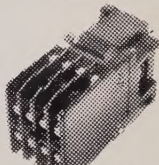
その他キースwitch R C470-K



ツマミ形
操作スイッチ
RC470-P



RC50-3
220V 6A
(2A2B接点)



RC50-3F
220V 6A
(8A・4A4B接点)

コマンドスイッチ 250V 10A, 600V 2A

補助継電器

あなたと機械が選ぶ
最高の製品が
すぐまにあう

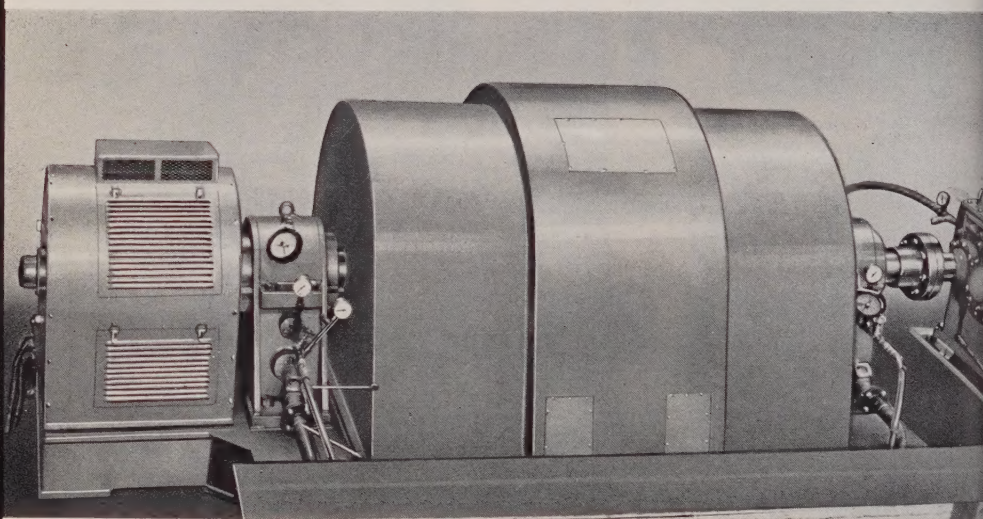
機械を動かす人、コストを下げる人に
折り紙つきの富士汎用制御器具のかずかず
これらのすぐれた製品を生む！東洋一のスイッチ工場が
完成しました。
これまでの品不足をいっきに解決して、あらゆる機種が、
いま量産のベルトにのって、ぞくぞく誕生しています。
ご指名しだい、あなたの選ぶ最高の製品が、すぐおとど
けできるようになりました。
プライスも サイズも 性能10倍に
このすばらしい記録は、スイッチのトップメーカー富士
電機が築きあげた輝かしい実績。
いまから十三年ぐらゐ前とくらべて、こんなにも進歩し
たのです。
そして、いまでは企業合理化のカギをにぎる、オートメ
ーションの主役として、大きくクローズアップされてい
ます。
生産高・性能・市場占有率ともに、文字通り業界ナンバ
ーワンを誇っております。

富士電機
汎用制御器具
富士電機製造株式会社





完成 高速大容量静止セルビウス装置



明電舎では、このたび、軸流蒸気圧縮駆動用 1,800 kW 2極50%三相誘導電動機および制御用静止セルビウス装置を完成いたしました。当社では、すでに数十台におよぶ静止セルビウス装置の製作納入実績を有しておりますが、本機は世界にも誇りうる最大・最新のものです。

傑出せる高度の技術

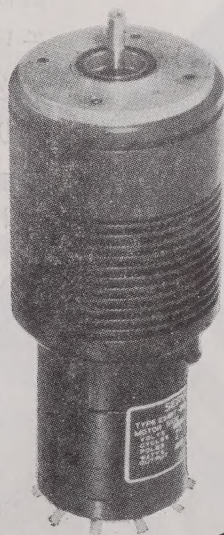
- 1 高速大容量・可変速です。
- 2 制御器には静止器を使用しているので長寿命であり、また保守が容易です。
- 3 効率・速度特性が良効で、自動制御が容易にできます。

後の分れ道

二相サーボモータ

サーボ機構及各種自動制御装置に於て、サーボモータの性能がシステムの性能を左右致します。

日本サーボの精密二相サーボモータは機能上最も重要である固定子、回転子、軸受に最高の技術と最新の材料、卓越した工作法を注ぎ込んで製作された極めて精巧なモータで高精度と高い安定度を誇って居ります。特にサーボモータに要求されるトルクイナーシャ比が高く時定数の小さい、従って速応性の非常に良い高性能サーボモータです。



旧株式会社 桐生英工舎

日本サーボ株式会社

東京都千代田区 神田美土代町7 (231)3591(代表)



代理店

朝日物産株式会社 川北電興株式会社

東京都中央区京橋3の5 大阪市西区京町堀通り1-18
(535) 3151(大代表) (44) 4389・4781

昭和の

500kV超高压OFケーブル



当社では、すでに400kV級OFケーブル並びにエレファントブッシングの製作を完成し、電力輸送の超高压化に対する万全の態勢を確立しておりましたが、今般さらに500kV超高压OFケーブルの製作に成功し、各種試験の結果、きわめて良好な成績をおさめております。

構造ならびに試験成績

構造	油通路	14mm硬銅スパイラル	
	導体遮蔽層	片面半導体紙	
造	絶縁層	30mm25, 40, 70, 125 μ	
	補強層	紙テープの組合せ 約4.0mmショウブレン	
試験成績	概算外径	125mm	概算重量 42.200kg/km
	交流長時間 衝撃電圧 誘電正接	900kV良 油圧15kg/cm ² 2.100kV良 油圧15kg/cm ² 0.267% 80°C 500kV	

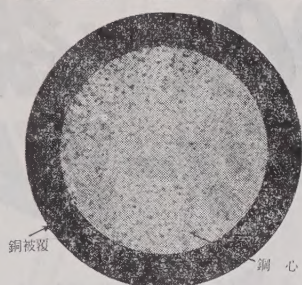
昭和電線電纜株式會社

本社及工場
東京販売店
販売店
相模原工場

川崎市東渡田3-1-1 電(3)2541(大代)
東京都千代田区丸ノ内1-6-1(東京海上ビル新館内) 電(281)6451(代)
大阪・名古屋・仙台・福岡・札幌・広島
相模原市清兵衛新田28 電(7)3151-2

カッパー・フライ線

— C.P. 線 —



特 長

電気メッキによる銅被覆でありますから

- 1 銅心と銅被覆は同心円であります
- 2 品質が軸方向及び直径方向について均一であります
- 3 永久に銅被覆は剝離しません
- 4 長尺物の製造が可能です

スチロフレックス 同軸ケーブル

特 長

- 1 長尺のケーブルが得られます
- 2 可撓性に富んでおります
- 3 軽量且つ強靱で取扱が簡単であります
- 4 長さ方向に品質が均一であります
- 5 低損失であります
- 6 特性の経年変化がありません
- 7 輻射がありません



大日電線株式会社

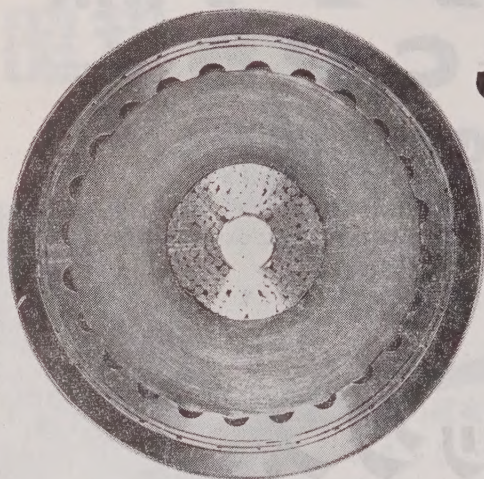
尼 崎 市 東 向 島 西 之 町 8

本 店
大 阪 事 務 所
東 京 支 店
九 州 支 店
名 古 屋 支 店
工 場

尼 崎 市 東 向 島 西 之 町 8
大 阪 市 北 区 梅 田 町 7 番 地 の 3 梅 田 ビル
京 都 市 千 代 田 区 丸 ノ 内 1 - 6 (海 上 ビル 新 館)
福 岡 市 天 神 町 2 0 福 岡 同 和 ビル
名 古 屋 市 中 村 区 堀 内 町 4 の 1 毎 日 名 古 屋 会 館
尼 崎 市 箕 島



古河電工の 500kV級 OFケーブル



当社はさきに 500 kV 級単心 400 mm²,
1,000 mm² OF ケーブルを製作いたしまし
たが、このたびさらに中空分割圧縮導体
を採用した 500 kV 級 OF ケーブルを完
成しました。

本ケーブルの構造および性能

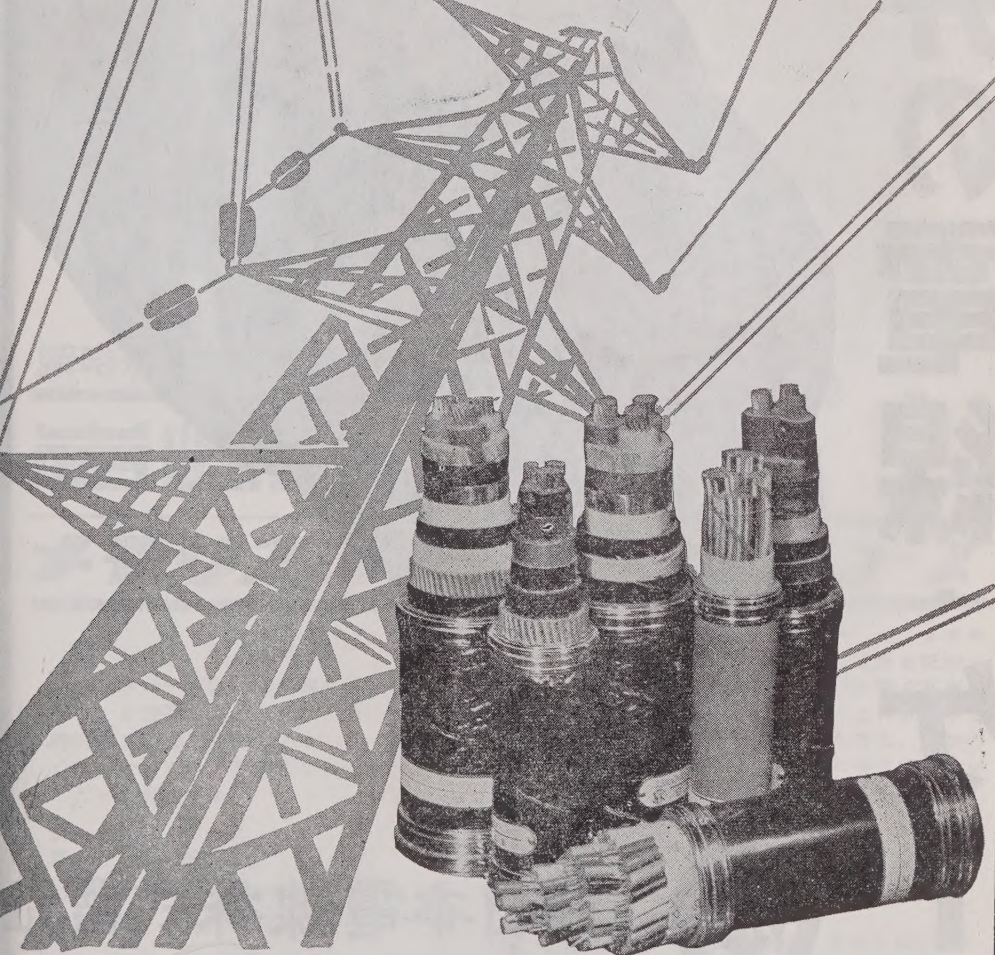
項 目		内 容
構 造	導 体	中空分割圧縮 1,000 mm ²
	導 体 遮 蔽	半導体紙層
	絶 縁	厚さ 28.5 mm グレーディング方式
	絶 縁 遮 蔽	半導体紙層
	鉛 被	高さ 2.0 mm の溝付 厚さ 4.1 mm
	座 床	クロロブレン引綿帯および軟銅帯纏巻
	補 強 層	厚さ 0.4 mm ステンレス鋼帯 1 枚短ピッチ巻 (半径方向)
		厚さ 0.4 mm ステンレス鋼帯長ピッチ巻 (軸方向)
		厚さ 0.4 mm ステンレス鋼帯 1 枚短ピッチ巻 (抑え)
	防 食 層	厚さ 4.0 mm クロロブレンおよびクロロブレン引帆布
性 能	仕 上 外 径	約 130 mm
	交 流 耐 電 圧	900 kV 6 時間以上 (油圧 15 kg / cm ²)
	衝 撃 耐 電 圧	— 2,000 kV 3 回以上 (油圧 5 kg / cm ²)
	誘 電 正 接	0.26 % (常温 275 kV)
	屈 曲 特 性	仕上外径の 30 倍 往復にて異常なし
	表 皮 効 果 係 数	6 % (常温)
	送 電 容 量	670 MVA (暗渠布設) 565 MVA (管路布設)
重 量		約 46.5 kg / m

古河電氣工業株式会社

本 社 東 京 都 千 代 田 区 丸 の 内 2 の 14



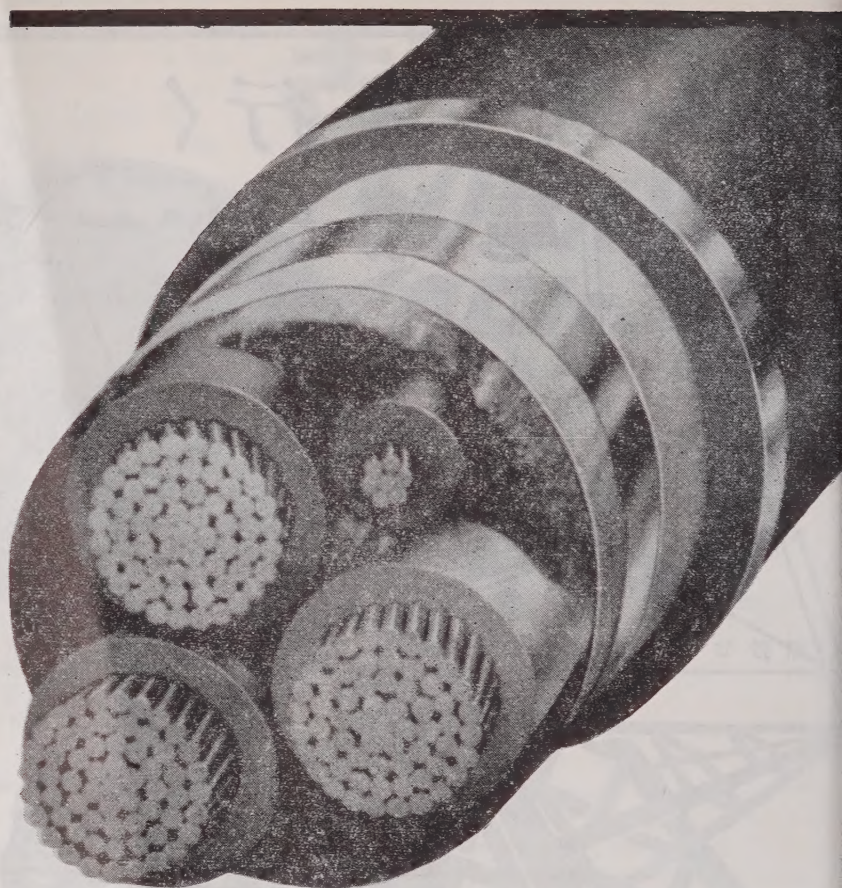
高度を行く 電線とケーブル



日本電線株式會社

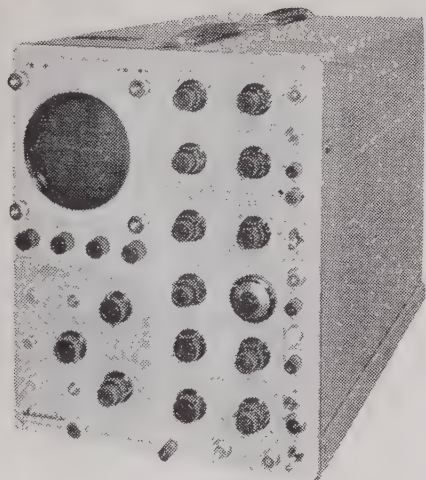
本 社 東京都墨田区寺島町 2-8 電 (611) 0101-7
営業部 東京都中央区築地 3-10(懇和会館) 電 (541) 2021-9
営業所 大阪・福岡・名古屋・仙台・札幌

三井の電線・ケーブル



西日本電線株式會社

本社・工場	大分市大字駄原 2 8 9 9 番地	電話(2) 6141
東京営業所	東京都日本橋室町 三井ビル内	電話(241) 5084
大阪営業所	大阪市北区中之島 三井ビル内	電話(44) 3731
福岡営業所	福岡市天神町 39 三井銀行ビル内	電話(4) 4084
名古屋出張所	名古屋市広小路西通 三井物産ビル内	電話(54) 3171
小倉出張所	小倉市京町 10-381 五十鈴ビル内	電話 2 8 1 0
札幌出張所	札幌市北二条西 3 丁目 越山ビル内	電話(2) 2056



瞬時現象！ 連続現象！

岩崎の

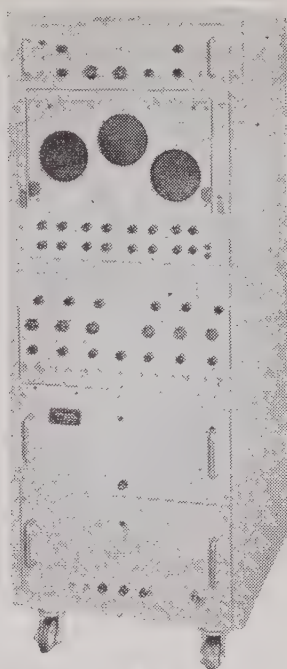
メモリスコープ

MS-5012

メモリスコープは、直接表示蓄積管のメモトロンを使用したシンクロスコープで、瞬時現象を必要な時間だけそのまゝとっておく事ができます。不要になれば直ぐ消去することも可能です。

性能

感 度 10mV/cm
周波数帯域 DC～1 Mc
掃 引 方 式 内部・外部のトリガー又は自励
遅延掃引、電源掃引、外部掃引
掃 引 時 間 1 μ sec/cm～12sec/cm
較 正 電 圧 0.2mV～100V



6現象

シンクロスコープ

2要素ブラウン管を3組使用した、多現象用のシンクロスコープです。現象を記録するためには、このまま、接写装置で写真をとるのと、オシログラフの上に6現象を光学的に集めて連続記録するのと、2つの方法があります。後の方法の場合にはセットのパネル面に装置を取付けます。

性能

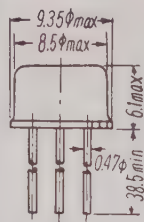
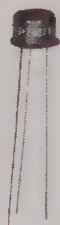
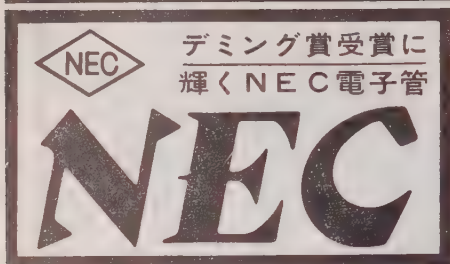
ブラウン管 5 SP11A 3本
感 度 0.05 V/cm
入力インピーダンス 1 M Ω
周波数帯域 DC～500kc
掃 引 方 式 トリガー掃引、単掃引及び自励
内部・外部・電源の正及び負
掃 引 時 間 4 μ sec/cm～15msec/cm
較 正 電 圧 0.05 V～100V
電 源 100V 50～60%



岩崎通信機株式会社

(お問合せは営業所又は出張所へお願いします)

東京営業所 東京都中央区日本橋通り1の6 浅野ビル
電話 (271) 0461～8・0471～7
大阪営業所 大阪市東区淡路町5の2 長谷川ビル
電話 (23) 1616 (代表)
本社及工場 東京都杉並区久我山2丁目710番地
電話 代表(391)2231・(398)2231
出張所 札幌・仙台・金沢・名古屋・広島・福岡・熊本



NPN ゲルマニウム・トランジスタ

低周波増幅及び低速度スイッチング (工業用及び通信用) **2SD11**

NEC 2SD11は工業用および通信用トランジスタ・シリーズの低周波増幅用及び低速度スイッチング用として設計されたNPN合金接合形トランジスタであります。

2SD11は特に2SB101, 2SB103, または2SB224~2SB227等のPNPトランジスタとComplementary に用いられた場合に広範囲なる用途があります。また特性の安定度及び信頼度が極めて高く、したがって特に信頼性が要求される通信機器、制御機器、電子交換機用等として適しています。

絶対最大定格 (周囲温度 $T_a=25^{\circ}\text{C}$)

コレクタ電圧	V_{CB}	25 V
エミッタ電圧	V_{EB}	15 V
コレクタ・エミッタ電圧	V_{CER}^*	20 V
コレクタ電流	I_C	300mA
コレクタ損失	P_c	125mW
ジャンクション温度	T_j	75°C
保存温度	T_{stg}	$-65 \sim +100^{\circ}\text{C}$

* $R_{BE}=10K\Omega$

電気的特性 ($T_a=25^{\circ}\text{C}$)

項 目	略 号	条 件	最小値	標準値	最大値	単 位
コレクタ遮断電流	I_{CO}	$V_{CB}=25V, I_E=0$	—	—	10	μA
エミッタ遮断電流	I_{EO}	$V_{EB}=15V, I_C=0$	—	—	10	μA
コレクタ・エミッタ電圧	V_{CER}	$R_{EE}=10K\Omega, I_C=500\mu\text{A}$	20	—	—	V
α 遮断周波数	f_{ob}	$V_{CB}=6V, I_C=1\text{mA}$	1.0	2.5	—	MC
直流電流増幅率	h_{FE}	$V_{CE}=1V, I_C=20\text{mA}$	25	70	—	—
直流電流増幅率	h_{FE}	$V_{CE}=1V, I_C=100\text{mA}$	20	—	—	—
雑音指数	NF	$f=1000\sim, V_{CE}=6V, I_C=1\text{mA}$	—	7	—	dB
コレクタ飽和電圧	$V_{CE(SAT)}$	$I_C=20\text{mA}, I_B=1\text{mA}$	—	0.1	0.2	V
直流ベース電圧	V_{BE}	$I_C=20\text{mA}, I_B=1\text{mA}$	—	0.3	0.4	V



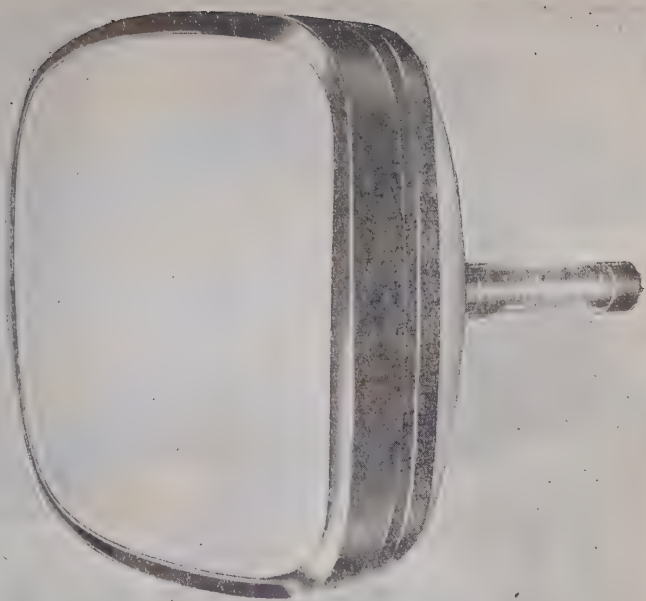
日本電気

お問い合わせは第三営業部電子管課へ

東京高輪局区内 451-1171

NEC ブラウン管は多年の研究と経験のもとに優れた技術と近代的量産設備とによって製作をしており、次の様な特徴をもっております。

- 1)フォーカスが鮮鋭で分解能が高く、ペンタガン方式を採用した優れた設計になっております。
- 2)電源電圧の変動に無関係な完全自動焦点方式でかつ焦点ボケが全然なく、又黒鉛膜の特殊構造によるクイックスタートでありますからスイッチインと同時に、安定した像をむすぶ瞬時安定方式であります。
- 3)イオントラップマグネットの取付重心が球の真下に来るように設計してありますので使用中、又は輸送中でもマグネットの位置が安定しておりますので調整の狂う心配はありません。
- 4)鍍光膜は最も好ましい色調と均一性によりガラスのグレイフェースとあいまってコントラストが良く明るい場所でも鮮明な画面が得られます。



NEC

ブラウン管と真空管



NEC 真空管は優れた近代的量産設備と、科学的品質管理によって製作しており、その技術は米国有数のシルバニヤ社より技術提携をうけ、伝統ある我社の技術とあいまってその優れた性能と安定した品質は業界より広く認められておる所であります。

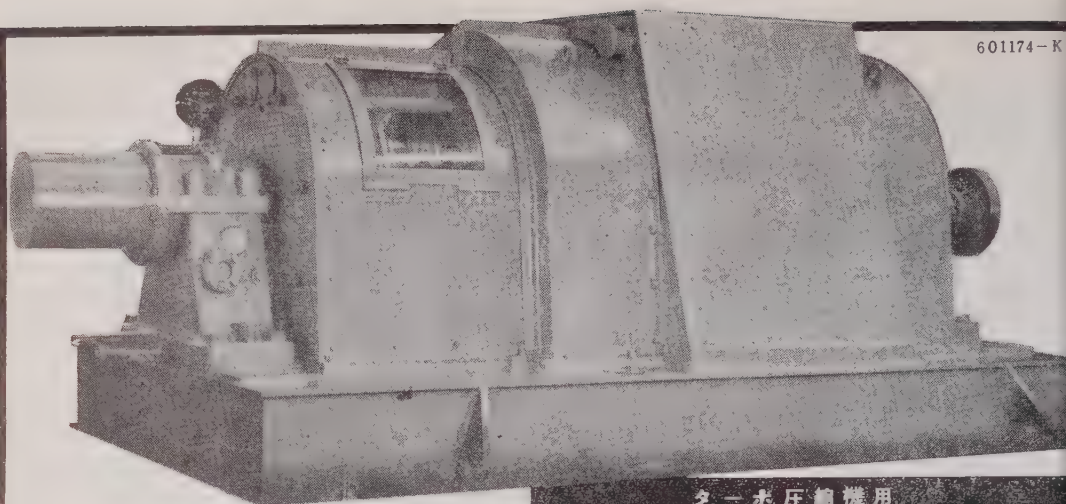
NEC 真空管はたえずラジオ・テレビ用に新品種を開発して業界の要求に即応して広く愛用されており、次の様な特徴をもっております。

- 1)低ノイズ低ハム高感度で品質が均一で電気的性能にすぐれております。
- 2)構造堅牢で機械的強度が強く高信頼性で、耐震性にすぐれております。
- 3)長寿命で長期使用しても特性変動が少く安定性にすぐれております。



新日本電気株式会社 日本電気株式会社

本社 営業所 大阪市北区梅田2 第一生命ビル 電話 (36) 1261 (大代表) 2890 (直)
東京・大阪・札幌・仙台・名古屋・金沢・広島・高松・福岡
旭川・帯広・青森・郡山・前橋・横浜・新潟・甲府・松本・静岡・岐阜・松岡・富山・京都・鳥取・岡山・徳山・徳島・新居浜・松山・高知・小倉・熊本・鹿児島



ターボ圧縮機用
高速度・大容量巻線形誘導電動機 2100kW 3600回転

設備機械の

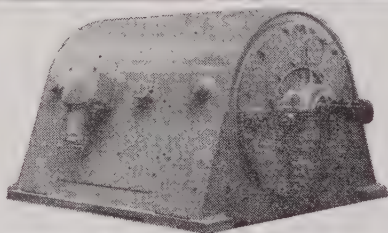
高速運転化を推進する！



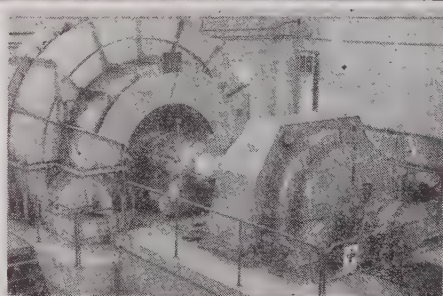
安川 高速度電動機

産業設備の大規模化・高能率化にともなう、電動機も高速・大容量のものが使用されつつあります。

安川電機はこれまで、ブロウ用巻線形2400 kW 4極をはじめ、2極・4極の1000～2000 kW級高速電動機多数の製作実績をもっております。これらの巻線形大形機のほか、最近ではカゴ形高速機 750 kW 2極、また5000 kW級にいたる高速度同期電動機と、つぎつぎに新分野を開拓して企業の高効率化と合理化の一翼をになって活躍しております。



スクリーコンプレッサ用
高速度カゴ形誘導電動機 750 kW 3600回転



焼結排風機用ソリッドボール形
高速度大容量同期電動機 3200 kW 1200回転

株式会社 **安川電機製作所**

重電機営業部 東京都千代田区大手町1の4 大手町ビル 電話 (201) 2511 本社 八幡市 工場 八幡・行橋
営業所 東京・大阪・名古屋・札幌・福岡・高松・富山・新潟・広島・仙台



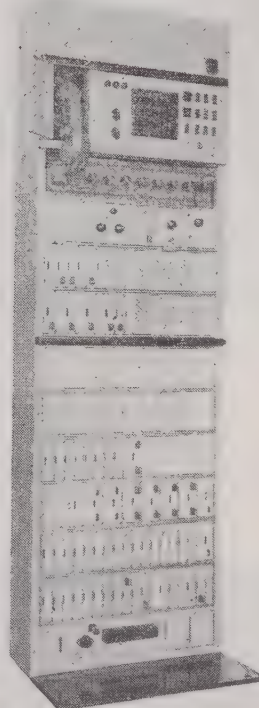
完全な技術でおくる…

12GC簡易マイクロ波通信装置

本機は12.4～12.7GHz帯の固定用小通話路用（12CH以下）のマイクロ波多重通信装置で、搬送端局装置と組合せ電話回線を接続することができます。小通話路に最も適した通信方式を採用しています。

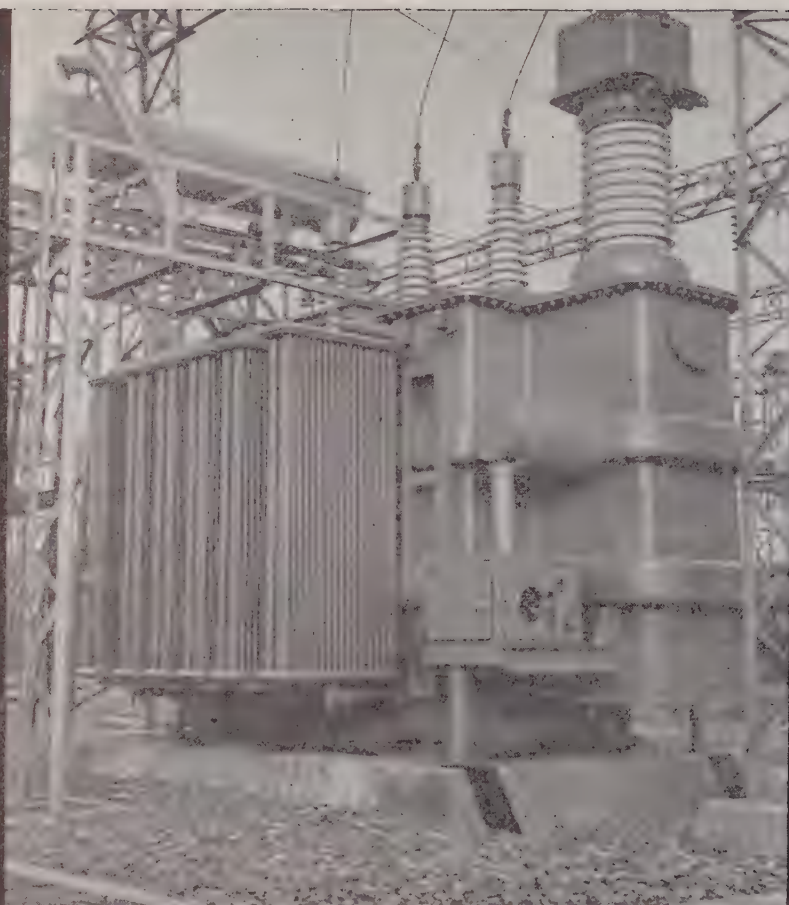
特長

- マイクロ波真空管、特殊真空管以外のトランジスタ化
- 送信管、局発管共用方式
- AFC方式
- 狭帯域受信方式
- 送受空中線共用、偏波面による送受分離
- マイクロ波ヘッド部と空中線の一本化
- 低損失高感度方式による反射板使用範囲の拡大



沖電気工業株式会社

東京都港区芝高浜町10 TEL.(451)2191, 9271



形STRONL式CH-2-R 3 ϕ 60 \sim 84/70-6.9/3.45kV
 関西電力株式会社殿 我孫子変電所納入（ヤンセン式）

電圧変動から配電線を守る………

負荷時タップ切換変圧器

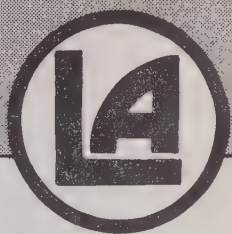
- 外形が小型
- 切換時のしゃ断速度が高速
- 開閉器の接点消耗が軽少
- 運転中の損失が僅少
- 故障が無い

株式会社
 高岳製作所

東京都千代田区大手町2の4（新大手町ビル）電話東京（211）代表 1671

ANDO

測定器



高精度にして測定能率の良い.....

半導体測定器

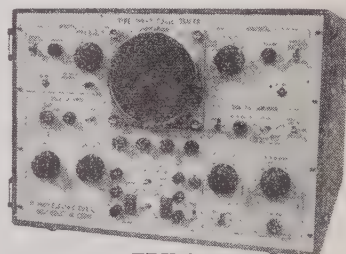
トランジスタ静特性直視装置 TRV-2 型

○トランジスタに電圧を掃引して、その出力（静特性）をブラウン管面に画かせるもので、あらゆるトランジスタに適用出来ます。

○4~12 のバイアス値の任意静特性数を同時に画けるバイアス値自動切換方式であります。

性能

垂直軸 コレクタ電流 $1\mu\text{A} \sim 2\text{A}$ (管面1目盛) (16レンジ)
 ベース電圧 $0.01\text{V} \sim 0.5\text{V}$ (") (6レンジ)
 水平軸 コレクタ電圧 $0.01\text{V} \sim 20\text{V}$ (") (11レンジ)
 ベース電圧 $0.01\text{V} \sim 0.5\text{V}$ (") (6レンジ)
 コレクタ掃引電圧 $0 \sim 200\text{V}$ (I_c max 2A)
 $0 \sim 20\text{V}$ (I_c max 20A)
 ブラウン管 130 HB7 型 目盛 10×10 (1目盛 10mm)



TRV-2 型
520×370×600 mm 40 kg

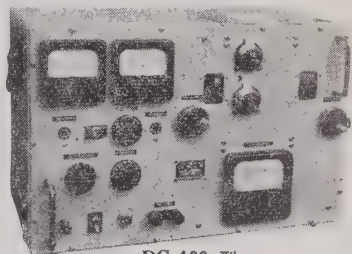
ダイオードの測定に CQ 測定器 DC-100 型

○ダイオードの逆方向特性において、周波数 25 Mc で、等価キャパシタンス、広がり抵抗の直列素子および Q の測定を行います。

○シェーリングブリッジおよびその平衡検出に飽和型メーターを使用しておりますから測定は正確、簡易であります。

性能

測定周波数 25 Mc
 測定範囲 等価静電容量 $0.1\text{pF} \sim 50\text{pF}$
 (誤差) $\pm(5\% + 0.5\text{pF})$ 以内
 抵抗 $1.27\text{k}\Omega \sim 637\text{k}\Omega$
 (誤差) $1 \sim 50\text{k}\Omega$ で $\pm 5\%$,
 $50\text{k}\Omega$ 以上で $\pm 10\%$ 以内
 Q $10 \sim 100$



DC-100 型
300×460×260 mm 20 kg

広告目次

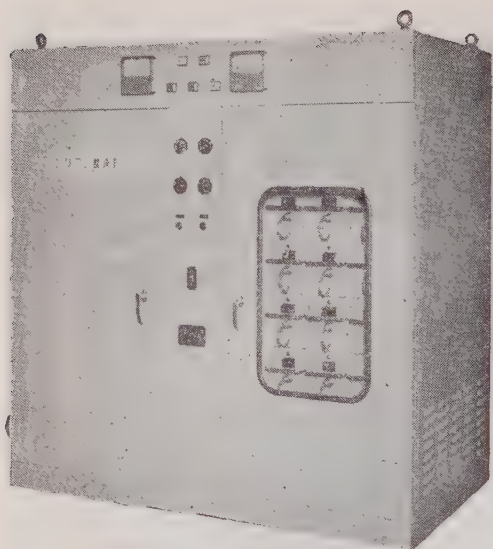
11 月号 交流ブリッジ
 12 月号 コロナ雑音測定装置
 1 月号 "

2 月号 絶縁物測定器
 3 月号 歪み率測定器
 4 月号 直流重畳インダクタンスブリッジ

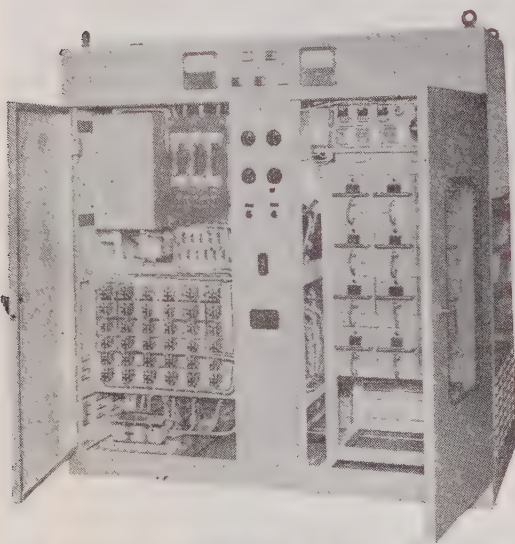
安藤電気株式会社

東京都大田区仲蒲田 3 - 4

Tel (731) 1161 (代)



シリコン整流器 定格出力12V-3000A 36kW強制空冷



主要製品

特許ベルト・口・セレン・シリコン整流器
配電盤、各種制御盤
自動制御機器
全自動・半自動各種鉗金装置

下

自動定電流密度制御装置

Chuo

良心的な設計安心して御使用願える!!

シリコン
整流器

本器では整流体の取替えに便利な如く
トレイ構造を採用
電圧および出力側の過電流、短絡等より
整流体を保護する完全な装置を備えている
或る一個の整流体保護ヒューズが熔断した場合
使用電流値を低下させて運転が出来ます
冷却扇が停止すると交流入力を自動遮断する構造
ヒューズ継電器等の保護装置が動作した場合
報知表示灯が点灯し警報ブザーが鳴ります

株式
会社

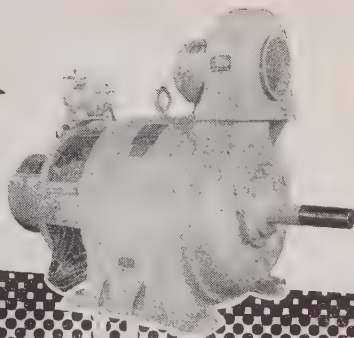
中央製作所

本社・工場 名古屋瑞穂区内浜町2の75番地 TEL (81)3166(代表)
出張所 東京都港区芝浜松町4の2番地 TEL (431)2177・6257

——型録贈呈誌名御記入——

生産の合理化に!!

オートメーションに
活躍する!!

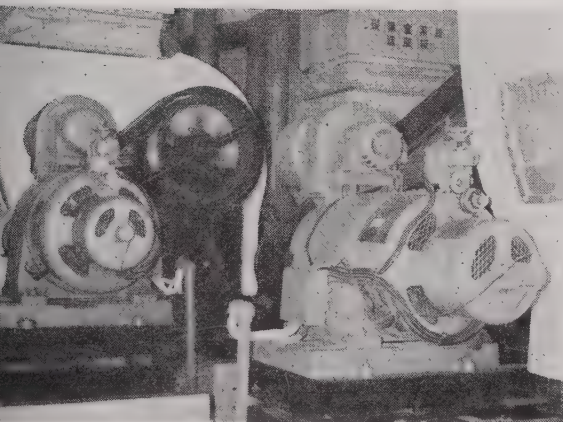


最も能率的な 無段変速電動機

特 長

- ① 極めて簡単な速度調整
- ② 高い効率と優れた力率
- ③ 大きいトルクで少ない電流
- ④ 取扱が簡単で維持費低廉

東洋の ASE-4- 三相整流子電動機



標準形ASモーターの出力と速度調整範囲

出力kW(HP) (最高速度 における)	毎分回転数(全負荷トルクにおける)			
	分 巻 型		超 分 巻 型	
	50 (%)	60 (%)	50 (%)	60 (%)
0.4 (1/2)	2,000~650	2,400~800	*2,500~125	*3,000~150
0.75 (1)	"	"	"	"
1.5 (2)	"	"	"	"
2.2 (3)	"	"	"	"
3.7 (5)	"	"	"	"
5.5 (7 1/2)	"	"	1,650~80	2,000~100
7.5 (10)	1,350~450	1,650~550	"	"
11 (15)	"	"	1,650~165	2,000~200
15 (20)	"	"	"	"
19 (25)	"	"	"	"
22 (30)	"	"	1,250~125	1,500~150
30 (40)	1,000~340	1,200~400	"	"
37 (50)	"	"	"	"
55 (75)	"	"	950~160	800~130
75 (100)	800~270	970~330	"	"
90 (120)	"	"	"	"
110 (150)	680~230	800~270	"	"
150 (200)	580~220	700~260	"	"
190 (250)	460~153	550~183	"	"
300 (400)	350~117	420~140	"	"

*印の定格時間は最高速度の1/2までは連続、それ以下は1時間定格であります。



東洋電機製造株式会社

本 社 東京都中央区京橋3~4 電話 (281) 3331(代)
営 業 所 大 阪・名 古 屋・小 倉・札 幌
工 場 横 浜・戸 塚・京 都

超小型 高性能

多年の研究により、
増々高性能を発揮
する多摩川精機の
シンクロは、あら
ゆる産業の自動化
に活躍しておりま
す。

400%, 60%共、
各仕様により選択
できるよう、多種
類規格化されてい
ます。

シンクロ シンクロレゾルバ



(主要型式標準特性)

シンクロ

シンクロレゾルバ

型 式	15TR4	18TR4	23TR4	15CX4	18CX4	23CX4	15CDX4	18CDX4	23CDX4	15CT4	18CT4	23CT4	型 式	15RS4	23RS4
特 性													特 性		
勵磁電圧(V)	115	115	115	115	115	115	90	90	90	90	90	90	電 圧(V)	26	26
周 波 数(%)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	勵磁周波数(%)	400	400
一 次 電 流(A)	110	240	510	67	96	230	47	100	160	13	5	6	一 次 電 流(A)	10	53
二 次 電 圧(V)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	57.3	57.3	57.3	一 次 電 力(W)	0.07	0.173
一 次 直 流 抵 抗(Ω)	58	21	6.8	100	67	17.6	142	49	199	620	1230	776.4	一 次 インピーダンス(Ω)	610+j2570	63.4+j491
二 次 直 流 抵 抗(Ω)	55.6	18	6.1	76	45	14.4	136	56	17.6	304	555	235	二 次 インピーダンス(Ω)	130+j570	56.9+j545
一 次 インピーダンス(Ω)	1075	479	224	1720	1198	487	2210	1022	670	7830	22500	20590	変圧比、二 次 / 一 次	0.445	0.996
二 次 インピーダンス(Ω)	795	398	200	1080	818	375	2500	1161	770	3850	11320	9160	変圧比、均 等 性	0.0018	0.0031
ロータ特性モータ ($g \sim \cos^2$)	16	29	150	14	27	98	15	28	98	12	27	96	移相差、一 次 / 二 次	3°50'	1°20'
残 留 電 圧(mV)	—	—	—	100	70	28	75	90	50	30	20	20	移相変化、電 圧	0~50(V) 0.0018	0~30(V) 0.0031
静止摩擦トルク ($g \sim \cos^2$)	—	7	14	3.5	7	14	3.5	7	14	3.5	7	14	移相変化、回 転	0~180° 25'	0~180° 30'
ト ル ク 率 ($g \sim \cos^2$)	1.42	4.5	12.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	残 留 電 圧(%)	0.1	0.1
温 度 上 昇(T) (空注法)	40	12	50	20	12	25	14	12	25	2	4	5	軸 直 交 性	90±5'	90±5'
電 気 誤 差 1 級	12'	8'	8'	12'	8'	8'	10'	8'	8'	10'	8'	8'	正 弦 波 誤 差(%)	0.1	0.1
電 気 誤 差 2 級	24'	16'	16'	24'	16'	16'	20'	16'	16'	20'	16'	12'	間 数 誤 差	5'	5'
指 度 誤 差 1 級	60'	60'	60'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	虚 功 ト ル ク ($g \sim \cos^2$)	5	14
指 度 誤 差 2 級	90'	90'	90'	—	—	—	—	—	—	—	—	—	重	C 15	C 6
重 量(kg)	0.15	0.26	0.6	0.15	0.26	0.6	0.15	0.26	0.6	0.15	0.26	0.6			

主 要 製 品

シンクロ	ステップモータ
シンクロレゾルバ	電磁クラッチ
サーボモータ(A.C.D.C)	ジャイロ
サーボモータジェネレータ	サーボボード
レートジェネレータ	シンクロ試験器
シンクロサモータ	シンクロ指示計
ブローモータ	自動制御用各種装置

多摩川精機株式会社

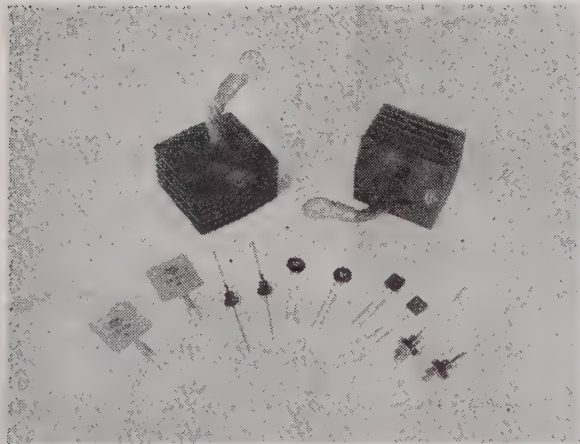
本 社 東京都大田区古川町 173 電話 (731) 2131 代表
工 場 長野県飯田市上飯田1879 電話 (飯田) 3131 代表



世界の水準を抜く

オリジンの高性能, 高信頼

シリコンダイオード



各種シリコン整流体

SE-05, SE-1.5, S-1, S-2, S-500, 拡散法に基づいて造られるP-nジャンクションは高逆耐圧の特性をそなえ, 完全な気密封入構造と相まってすばらしい品質をいつまでも持続します。電子装置の小形化や軽量化にオリジンシリコンダイオードはきっと大きな役割を果たします。ことにSEシリーズは樹脂封入構造でプリント配線に適する。

一 営業品目

シリコン整流器 自動電圧調整装置
ゲルマニウム ク 理研式スポット溶接機
セ レ ン ク 合成樹脂塗料

※ 逆耐圧
PIV (V)

シリコン ダイオードの各種単相整流回路における出力電圧, 電流標準値

入出力電圧電流標準値	整流方式	単 相 半 波 *	単 相 倍 電 圧	単相センタタップ *	単相ブリッジ	摘 要
最大入力交流電圧 (V)	SE-05 a 400	280	120	280	280	1. *コンデンサなどの逆起電力負荷の場合, 交流入力電圧はこの値の1/2とする。 2. **コンデンサ200μF, 出力電流400mA, 保護抵抗5Ωを交流入力側に挿入したときの一側。 3. *容量性, モータ, 蓄電池負荷に対しては20%減とする。(単相倍電圧のときはそのまゝ採用可) 4. 動作周囲温度: S-1, S-2は-65~+150℃ SE-05は-55~+100℃まで。 5. 冷却方式: いずれも自然通風(自冷), S-2はヒートシンク付で, 更に冷却板を取付けて出力電流の増大がはかれる。 注 意 1. コンデンサ負荷の場合, 突入電流を抑制するため, いずれも1サイクル(0.02秒)15A以内となるよう, 入力側に抵抗(2~10Ω)を挿入する。 2. 逆方向電流を測定する場合, ダイオードと直列に1MΩ程度の保護抵抗を挿入すること。
	SE-1.5 b 600	420	180	420	420	
	S-1 c 800	560	240	560	560	
	S-2 d 1,000	700	300	700	700	
最大出力直流電圧 (V)	SE-05 a 400	120	280 **	120	240	
	SE-1.5 b 600	180	440 **	180	360	
	S-1 c 800	240	600 **	240	480	
	S-2 d 1,000	300	760 **	300	600	
最大出力直流電流 (A)	SE-05	0.5	0.4	1.0	1.0	
	SE-1.5	1.5	1.2	3.0	3.0	
	S-1	0.75	0.6	1.5	1.5	
	S-2	1.5	1.2	3.0	3.0	

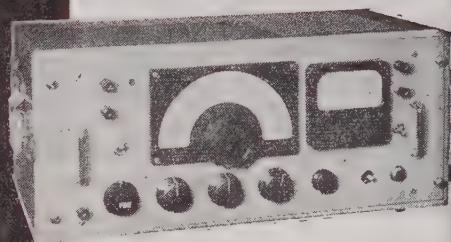
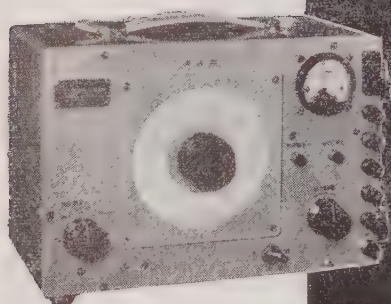
平均逆方向電流 (P I Vにおいて) 10μA以下、平均正方向電圧降下 (500mAにおいて) 1.1V以下

オリジン電気株式會社

本社・工場 東京都豊島区高田南町1~195 電話東京(982)1161(代)3155(代) トウキヨウカニウ 22-468
 大阪営業所 大阪市北区梅田町17新桜橋ビル 電話大阪(34)2358(代) オウサカカニウ 33-383
 福岡出張所 福岡市下郷町10 電話福岡(2)6883

'61

東亜電波 の計測器



CR-007型 低周波発振器

CRブリッジ方式の連続可変型ひずみ率計で、レベル計としても使用できます。

ひずみ率測定器として

周波数範囲 20 c/s~20 kc 3レンジ

測定範囲 0.1%~100% (0.3, 1, 3, 10, 30, 100 c/s 6レンジ)

入力インピーダンス 600Ω ± 3%
および10 kΩ ± 20%

レベル測定器として

周波数範囲 20 c/s~100 kc

測定範囲 -70 dBm ~ +30 dBm

入力インピーダンス 600Ω ± 3%
および10 kΩ ± 20%

D-20C型 ひずみ率計

本器はトランジスタを使用した小型軽量の携帯型低周波発振器で、主としてテレメータの試験に使用し、有極継電器を取り付けることにより矩形波発生器としても使用することができます。電源は積層乾電池 (22.5 V) 1個で動作し、小型肩掛けカバンに収納しておりますので移動にも便利です。

周波数範囲 10 c/s~70 c/s
周波数連続可変型

周波数精度 ± 4%以内

出力 600Ω 負荷に +10 dBm以上

出力周波数特性 偏差 2 dB以内

出力インピーダンス 平衡型 600Ω
± 20%以内

東亜電波工業株式会社

本社 東京都新宿区藤町235-4・(369)0101(代)
出張所 大阪市東区淡路町3の6船場ビル・(23)65
小倉市大門町82・(5)54
サービス 福岡市東区港町88-2日興電気商会内・(4)49
ステーション 名古屋市中区朝日町2の5朝日電子エレクトロニクス内・(97)52

- 7桁デジタルカウンタ ■ パルス発生器
- 6桁デジタルカウンタ ■ 矩形波発生器
- プラゲインユニット各種 ■ 超低周波発生器
- 各種信号発生器 ■ 直流増巾器

nippa

4年間の努力

技術・設計・製造の
総力を結集して完成した
nippa の Digital Counter

郵政省型式認定W第1131号

10c/s~220Mc. $1\mu s \sim 10^7 sec$

$\pm 5 \times 10^{-8}$

新製品

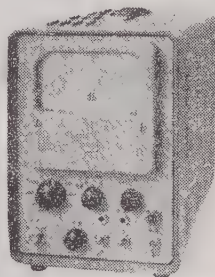
N-14 実効値真空管電圧計

波形に関係なく実効値が直読できます。

周波数範囲は 30c/s~12Mc

測定電圧範囲は 3mV~300v

■ 特許出願中



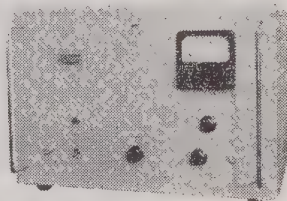
N-511 広帯域分布増巾器

周波数帯域幅 1.5kc~150Mc

利得 約 35db

遅延時間 約 0.1μs

立上り時間 約 0.005μs



日本電波株式会社

カタログ呈

T·D·S

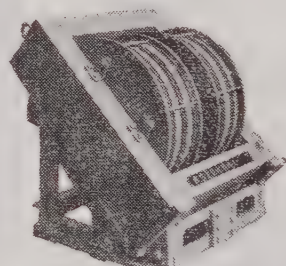
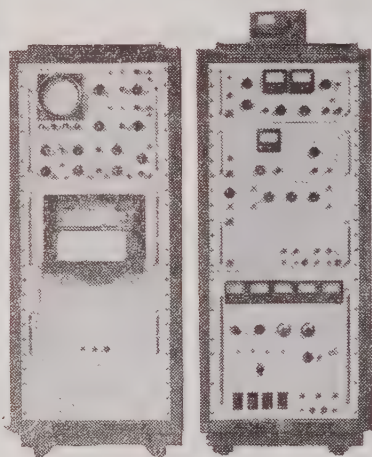
高 安 定 電 源 及 び 電 磁 石

☆定電流電源 電磁石励磁用, その他

〔例〕 出力 200V 30A, 10~100%可変
電流安定度 $1 \times 10^{-5}/H$, リップル 5×10^{-6}

☆定電圧電源 クライストロン, 後進波管等

〔例〕 0~3500V 80mA, 安定度 1×10^{-4}



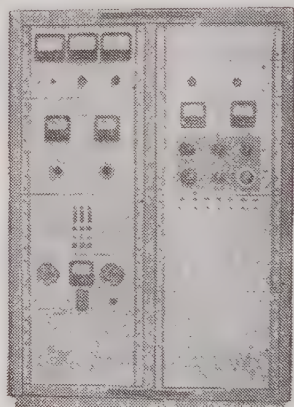
電磁石

磁極直径 30~300mmφまで

最大磁場 30,000ガウスまで

磁場均一度 $1 \times 10^{-6}/cm\phi$

- 右 電子スピン共鳴装置における
クライストロン用電源,
A.F.C装置, 検振アンプ,
位相検出器
左 記録計, 及び二現象シンクロ
スコープ



主要製品

- マイクロ波立体回路3~70G%帯
- 試料キャビティー各種
- 電磁石各種
- 電子スピン共鳴装置, その他

御 引 合 は 第 二 事 業 部 営 業 課 へ

定電流電源

電流安定度 $1 \times 10^{-5}/H$

東 京 電 気 精 機 株 式 会 社



本 社 東京都千代田区神田仲町2-11 電話 (251)9186 代表 (291)2096

研究所 東京都千代田区神田旅籠町2-21 電 話 (251)4414

工 場 文 京・立 川・松 戸・蒲 田

立正の油しゃ断器

D-2500形

84KV. 800 1200A
2500 MVA

A-50B形

7.2KV 200A
50MVA



株式会社 **立正電機製作所**

本社・工場 京都市南区吉祥院中島町四 TEL 京都 ㊟ 9176 (代表)
本社・営業部 大阪市北区万才町43(浪速ビル九階) TEL 大阪 ㊟ 9851・9951 (代表)
支 社 東京・大阪・営業所 大阪・東京 仙台・広島・九州・名古屋

40Wの蛍光灯が60Wの明るさになる

2割アップで5割明るく
保守費が $\frac{2}{3}$ ですむ

最も経済的な

日・米・英・独・印・加特許

恩賜発明賞
大河内記念技術賞 受賞
科学技術庁長官発明賞
照明学会関西支部賞

特許庁優秀特許外国出願補助金 受領
通産省純工業応用研究補助金

エフコン ダブルスポット

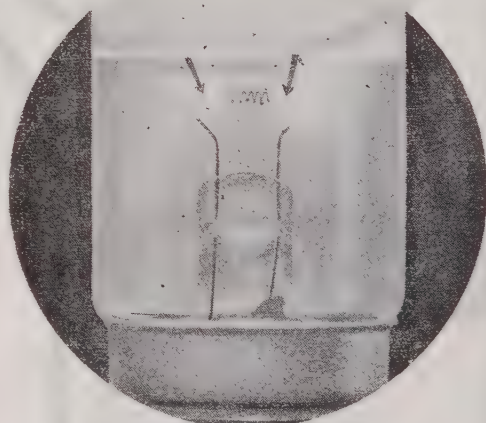
グロー式 ラビット式 高照度 蛍光灯 器具

恩賜発明賞に輝く
1500時間を超える実績をもつ
日本ついに世界に点灯回路

エフコンダブルスポット

高照度安定器 内蔵

長時間の長寿命を希望される方は、15,000時間を保証する、ダブルスポット40W定格出力型直列ラビット式安定器(FLR-40 共用型)を御指定下さい。



本発明方式による点灯の
電極部(ダブルスポット)

技術資料進呈

エフコン電気株式会社

大阪市東淀川区新商北通1の22
電話 大阪(39)1848 営業直通 1264 代表

ノーカット方式による優秀性を発揮

変形巻鉄心型変圧器



特許登録番号 第192374号 第223678号 第238366号
第245087号 第257093号 第257721号
第258453号 第2 8496号 第259828号

画期的研究成果

- 1 仕上り重量において40%軽量となり、運搬、取扱い、設置等が容易になる
- 2 無負荷電流を70%減少し、電力損失少なく高能率が得られる。
- 3 ノーカット方式と熟練された製造技術により、製品価格の低廉が計られる。



株式 特殊電機工業所
合 社

本社・工場 京都市東山区山科西野離宮町40 電京都㊟5311 山科 606-7
営業所 東 京 ・ 大 阪 ・ 福 岡 ・ 名 古 屋

トランス界に 革命児誕生!!



東陽通商が

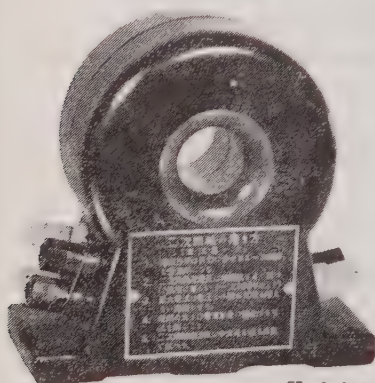
確信をもっておすすめします!!



〔構造・特長〕

下写真のような中央孔をもつトロイダルコイルの巻鉄芯型トランスで、コアは方向性硅素鋼板で完全熱処理後不燃性絶縁材で包み、その上に一次コイルを平衡分布巻きしたものである。

この中央孔に任意の二次巻線を巻いたり、貫通結合させて万能目的に使用できる画期的ユニバーサルトランスである。



¥ 6,200 即納

社長 奥村 喜和男

東陽通商株式会社

★詳細はカタログ御請求下さい。

エレクトロニクス課

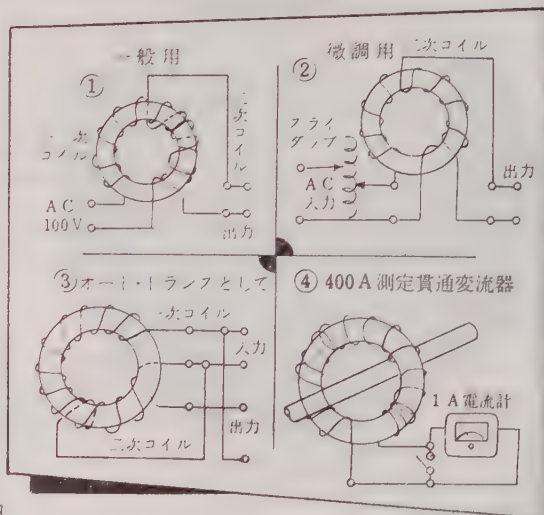
研究室に、試作・実験室に
学校教材に……… 万能用途を誇る

“UT-100” ユニバーサルトランス

—— 新製品御案内 ——

《本トランス用途例》

- (1) 任意出力電圧・電流の変圧器 (第1図)
001V 100A ~ 24V 4A ~ 48V 2A その他任意の電圧 (電流) を自由に得ることができる
- (2) 出力電圧の微細調整
第2図のようにスライダップと併用する
- (3) 整流器と組合わせて直流電源とする
- (4) 電源用オート・トランスとして (第3図)
- (5) 変電器として (400Aまで測定可能) (第4図)
- (6) フュース検定装置として
熔断電流とフュース電圧降下を測定できる



本社 東京都中央区日本橋本石町1-2
電話 東京 (241) 5276 (代表)

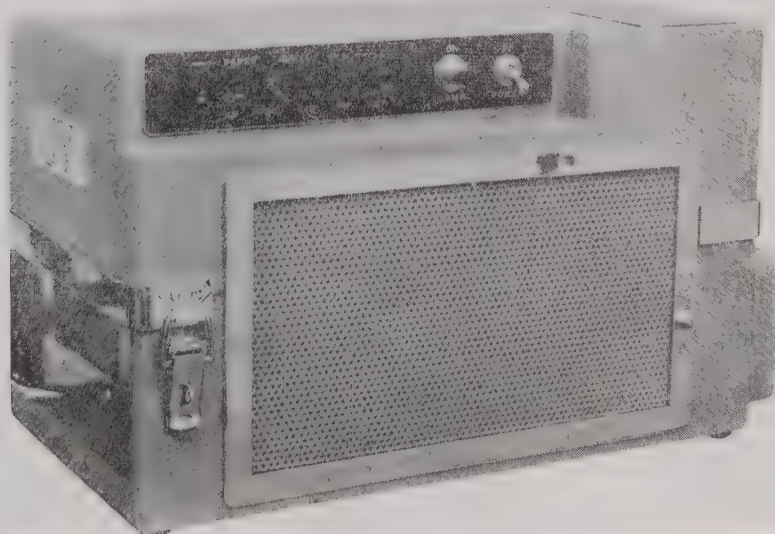
出張所 大阪市東区南本町4-37 (テコロンビル)
電話 船場 (25) 1271-2

紫外線電磁オッシログラフ

UVコーダー

暗室装填 現像処理不要

小型直読式高感度オッシログラフ



VUコーダーは、日本で始めて製作された紫外線電磁オッシログラフです。これは超高圧水銀灯より発生する紫外線ビームを、ガルバノメーターによって反射させ、独逸・アグファ社製・レコーディング・ペーパー上に直接焼付け即時に波型として観察出来るものです。

特殊レコーディング・ペーパーを使用しますので、暗室装填や現像処理の必要はありません。

特 性

- 周波数範囲： 0～5,000 c/s 補正用増幅器を必要としない。
- 感 度： 写真式オッシログラフと同等。
- チャンネル数： 6 チャンネル
- 記 録 紙： 90 mm 幅×15 m 長さロールチャージ
- 記 録 速 度： 5, 25, 125, 625, mm/秒 (プッシュボタン式)
- ガルバノメーター： 自由に選択可能。

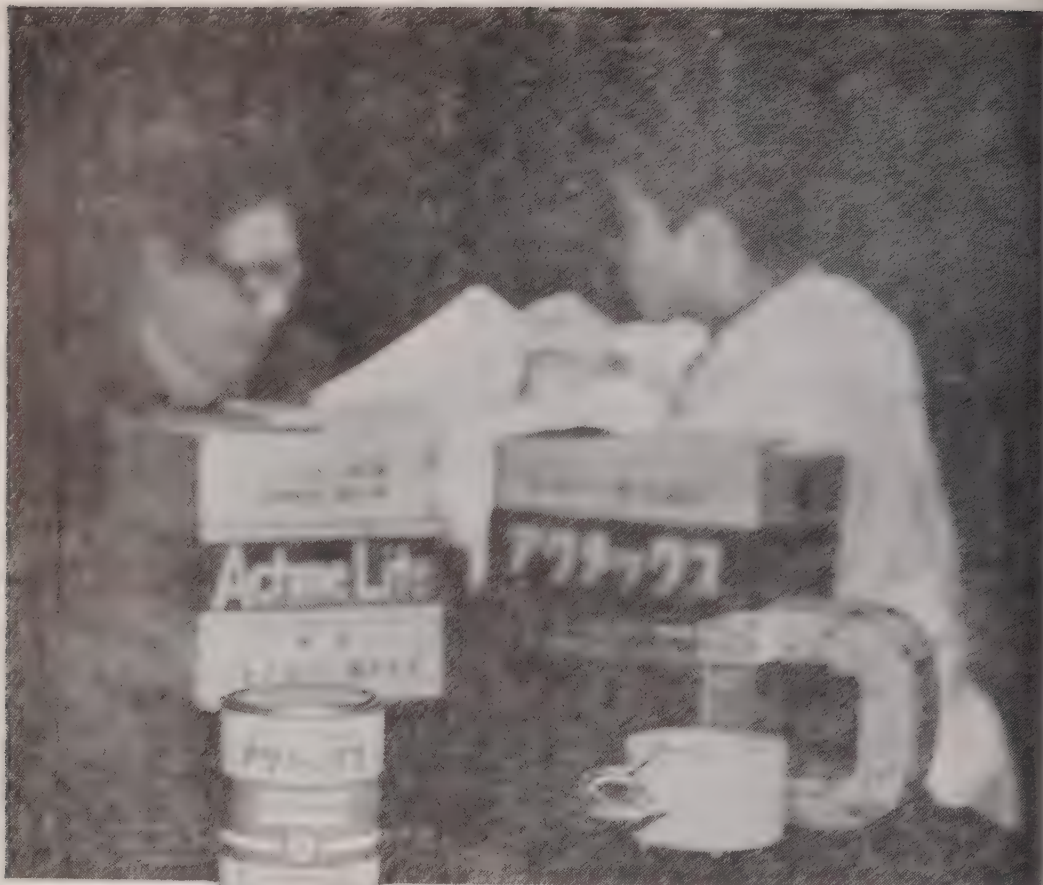
販 売 特 約 店

株式会社 大 沢 商 会 第一電気株式会社

産 業 機 械 部

東京都千代田区有楽町1丁目10番地 (三信ビル7号室)

TEL (591) 8800, 8811



シェルのエビコート[®]を基材とした

Achme Lite[®]

ア ク ノ ノ イ

フェノール樹脂成型粉末
と混合して、簡単に成型
できる建築的なエポキシ
樹脂は、絶好の材料。

アクリライ、は、製造特許の商品。

Achmex[®]

ア ク ノ ノ ク

卓越した性質、容易な作
業である特、一次加工し
たエポキシ樹脂。

エビコートはシェルの登録商標です。

製造 日本合成化工株式会社

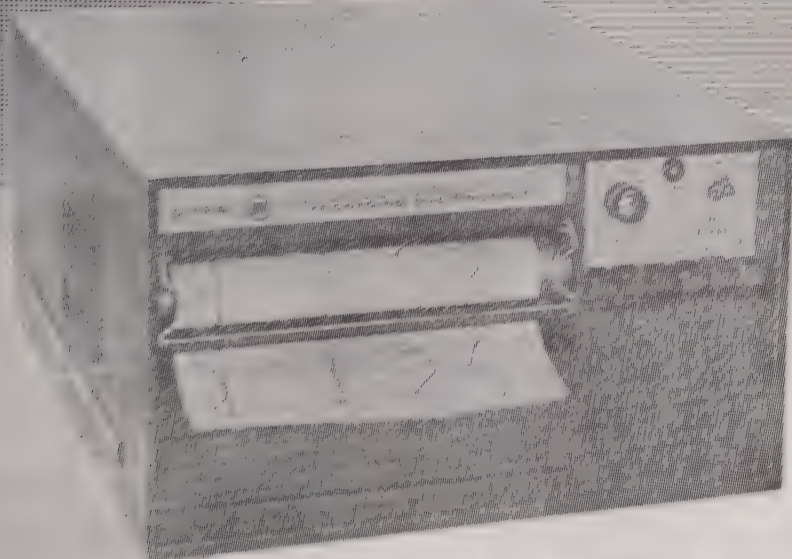
発売元 **島 貿易株式会社**

今 諸 大 阪 市 東 区 南 船 場 4 の 10 電 話 (23) 2954 9・7448
東 京 支 店 東 京 都 中 央 区 八 重 洲 1 の 3 電 話 (27) 3167 9・9928
名 古 屋 支 店 名 古 屋 市 中 区 東 武 町 51 (公 園 ビル 内) 電 話 (52) 6647・6666

CONSOLIDATED

TYPE 5-124 RECORDING OSCILLOGRAPH

CEC 社 5-124形 記録オシログラフ

[illegible]

ハタニダ難望

Consolidated Electrodynamics Corp.

總代理店

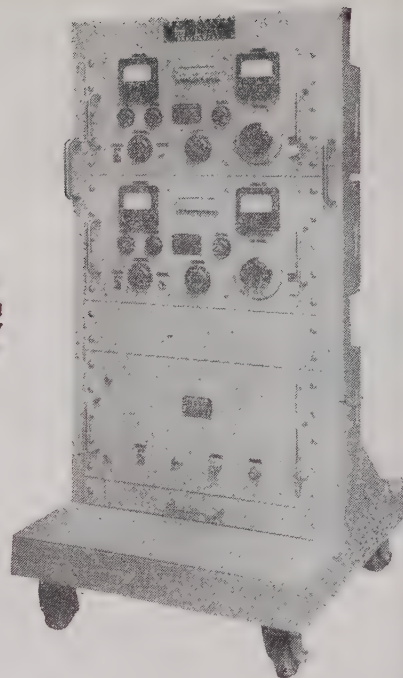
コロンビア貿易株式会社

1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107	2108	2109	2110	2111	2112	2113	2114	2115	2116	2117	2118	2119	2120	2121	2122	2123	2124	2125	2126	2127	2128	2129	2130	2131	2132	2133	2134	2135	2136	2137	2138	2139	2140	2141	2142	2143	2144	2145	2146	2147	2148	2149	2150	2151	2152	2153	2154	2155	2156	2157	2158	2159	2160	2161	2162	2163	2164	2165	2166	2167	2168	2169	2170	2171	2172	2173	2174	2175	2176	2177	2178	2179	2180	2181	2182	2183	2184	2185	2186	2187	2188	2189	2190	2191	2192	2193	2194	2195	2196	2197	2198	2199	2200	2201	2202	2203	2204	2205	2206	2207	2208	2209	2210	2211	2212	2213	2214	2215	2216	2217	2218	2219	2220	2221	2222	2223	2224	2225	2226	2227	2228	2229	2230	2231	2232	2233	2234	2235	2236	2237	2238	2239	2240	2241	2242	2243	2244	2245	2246	2247	2248	2249	2250	2251	2252	2253	2254	2255	2256	2257	2258	2259	2260	2261	2262	2263	2264	2265	2266	2267	2268	2269	2270	2271	2272	2273	2274	2275	2276	2277	2278	2279	2280	2281	2282	2283	2284	2285	2286	2287	2288	2289	2290	2291	2292	2293	2294	2295	2296	2297	2298	2299	2300	2301	2302	2303	2304	2305	2306	2307	2308	2309	2310	2311	2312	2313	2314	2315	2316	2317	2318	2319	2320	2321	2322	2323	2324	2325	2326	2327	2328	2329	2330	2331	2332	2333	2334	2335	2336	2337	2338	2339	2340	2341	2342	2343	2344	2345	2346	2347	2348	2349	2350	2351	2352	2353	2354	2355	2356	2357	2358	2359	2360	2361	2362	2363	2364	2365	2366	2367	2368	2369	2370	2371	2372	2373	2374	2375	2376	2377	2378	2379</
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------

TV用 2信号 信号発生器

MSG-261 標準TV信号発生器

本器はTV受信機試験法の規格に準じて製作された信号発生器で、TV生産工場において受信機の総合試験および研究・調整に適し、映像および音声搬送波の周波数精度は各0.002%以内で、映像搬送波はビデオ周波数帯にて85%の変調が可能である。



性能

(1)映像搬送波信号発生部

搬送波周波数

第1～第12チャンネル中の連続3チャンネル	
チャンネル1	91.25Mc
2	97.25Mc
3	103.25Mc
チャンネル7	189.25Mc
8	193.25Mc
9	199.25Mc
チャンネル4	171.25Mc
5	177.25Mc
6	183.25Mc
チャンネル10	205.25Mc
11	211.25Mc
12	217.25Mc

周波数精度 $\pm 0.002\%$ 以内
 出力電圧範囲 開放端にて $114\text{dB} \sim 0\text{dB}$
 出力電圧精度 $\pm 1\text{dB}$ 以内
 出力インピーダンス 75Ω VSWR 1.2以下
 変調方式 振巾負変調 内部, 外部
 $0 \sim 85\%$

内部変調周波数 400% , $\pm 5\%$ 以内
 外部変調周波数特性 基準変調特性に対し
 0.1Mc $\pm 1\text{dB}$,
 1Mc $+1\text{dB}$, -1.5dB
 4Mc $+1\text{dB}$, -3dB

波形歪 60% 矩形波に対しサグ
 5% 以下

非直線歪 85% 変調にて
 5% 以下

外部変調入力レベル 75Ω 1.4Vp-p 以下で
 85% 変調可能

S/N比 50% 変調にて
 50dB 以上

(3)電源入力 100V 50/60% 3A

(2)音声搬送波信号発生部

搬送波周波数

第1～第12チャンネル中の連続3チャンネル	
チャンネル1	95.75Mc
2	101.75Mc
3	107.75Mc
チャンネル7	193.75Mc
8	197.75Mc
9	203.75Mc
チャンネル4	175.75Mc
5	181.75Mc
6	187.75Mc
チャンネル10	209.75Mc
11	215.75Mc
12	221.75Mc

周波数精度 $\pm 0.002\%$
 開放端にて $114\text{dB} \sim 0\text{dB}$
 出力電圧範囲 $\pm 1\text{dB}$ 以内
 出力電圧精度 $\pm 1\text{dB}$ 以内
 出力インピーダンス 75Ω VSWR 1.2以下
 変調方式 FM (内外), AM (内)
 単独および同時変調,
 $75\mu\text{s}$ プリエンファシス

内部変調周波数 FM 400% $\pm 5\%$ 以内
 AM 1000% $\pm 5\%$ 以内
 FM 25kc (100%)
 AM 30%

外部変調特性 FM $30\% \sim 15\text{kc}$, $\pm 1\text{dB}$
 以内

外部変調入力レベル 600Ω 5V 以下にて,
 FM 100% 変調可能
 FM 100% 変調にて
 2% 以下

AM 30% 変調にて
 5% 以下
 FM 100% 変調にて
 50dB 以上
 AM 30% 変調にて
 50dB 以上

S/N比

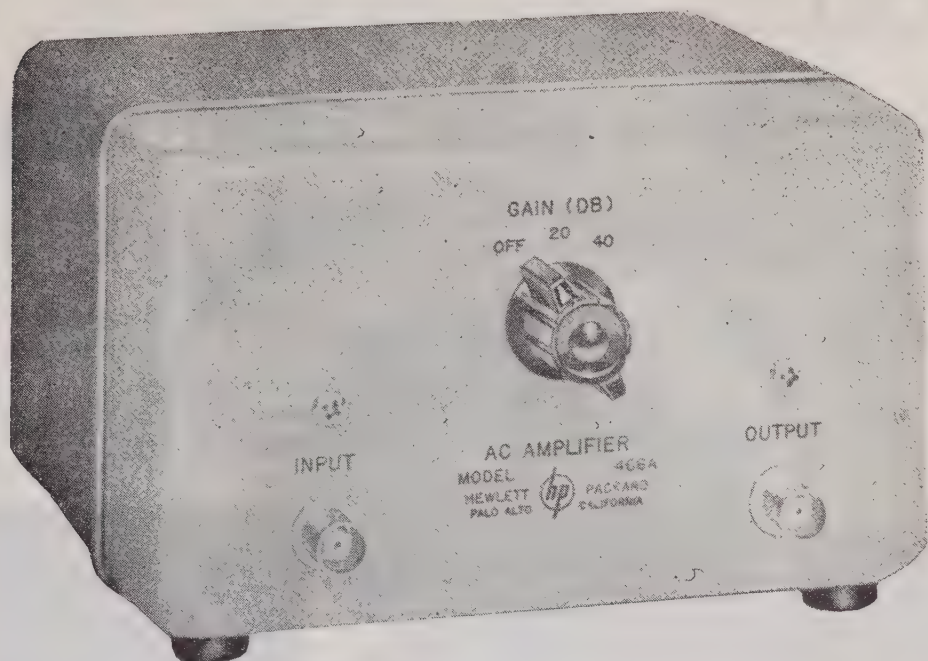


目黒電波測器株式会社


東京都目黒区上目黒五丁目二六五八番地 電話 (712) 1166 (代) ~9・1160

関西地区代理店 塩見電気株式会社 大阪市北区富田町34 電話 (34) 7 5 5 1 ~6

(国電エビス駅
より東急バス
五本木下車)



This 3 lbs. of transistorized new AC amplifier gives you 20 or 40 db gain, increases scope or VTVM sensitivity 10 or 100!

This new  466A AC Amplifier is just 4" high, 6" wide and 6" deep. Yet it can become one of the most helpful instruments on your bench, or in the field. It is ac or battery powered; battery operation gives you hum-free performance and easy portability. Response is flat within approximately $\frac{1}{2}$ db over the broad range of 10 cps to 1 MC, distortion is

less than 1%, and gain is stabilized by substantial negative feedback to virtually eliminate effects of transistor characteristics and environment.

Specifications

Gain: 20 and 40 db, ± 0.2 db at 1000 cps.
Frequency Response: ± 0.5 db 10 cps to 1 MC.
Output Voltage: 1.5 v rms across 1500 ohms.
Noise: 75 μ v rms referred to input, 100,000 ohm source.
Input Impedance: 1 megohm shunted by 25 μ f.

Output Impedance: Approximately 50 ohms.
Distortion: Less than 1%, 10 to 100,000 cps.
Power: 12 radio type mercury cells; battery life about 160 hours; or ac line power.
Dimensions: 6 $\frac{1}{4}$ " wide, 4" high, 6 $\frac{1}{4}$ " deep. Weight: approx. 3 lbs.

Data subject to change without notice.

HEWLETT-PACKARD COMPANY
 Palo Alto, California, U.S.A.



日本総代理店
関商事株式会社
 東京都千代田区神田東横田町一丁目
 電話 東京 (866) 代表 3136

VOLCO

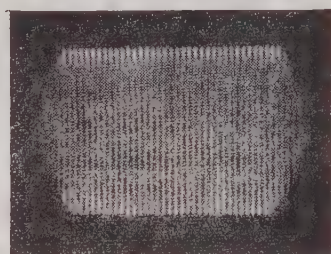
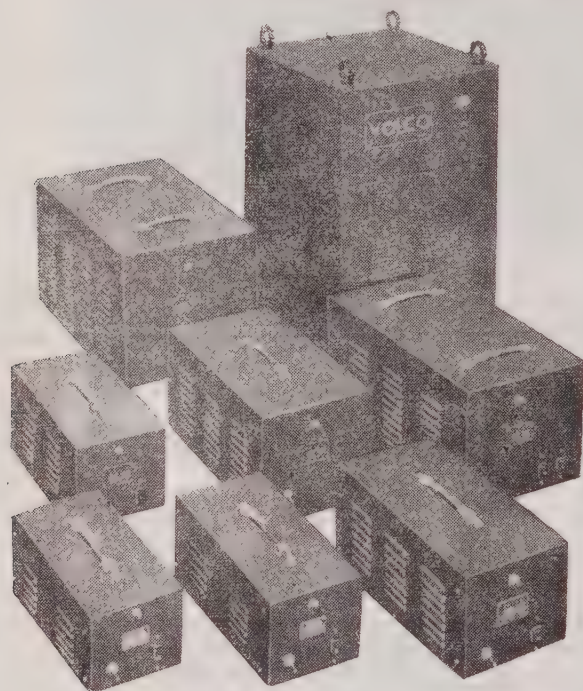
新製品 速応無歪自動電圧調整器

VOLCOの新製品 FRW型 速応無歪自動電圧調整器は確実な古典的回路方式により新しい設計技術で製作されたもので、極めて早い応答性と歪のない正弦波出力をっております。ドリフトも殆ど有りません。構造も簡単頑丈で真空管や半導体等を全く含んでおりませんから悪い使用条件で乱暴な取扱を受けても故障する心配がありません。

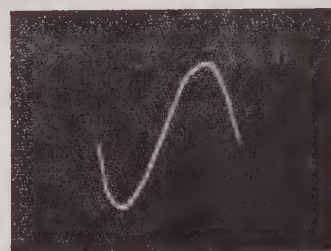
高温、多湿、振動、等周囲条件がわるく、早いはげしい電圧変動のある実際の現場で使用した場合に実質的に他のどの方式のものより安定度の高い、信頼性のある自動電圧調整器であります。

構造が簡単なので価格も低廉です。

30年以來の専門メーカーVOLCOの製品ですから
その他の性能も勿論最高です。



入力 10% 急昇



出力波形

サービス代行店

関東甲信越地区 吉沢精機工業株式会社
本社 東京都文京区湯島新花町35
Tel. (921) 1042, 7088, (929) 0289
営業所 長野市横町20
Tel. 長野 4601
新潟市下大川前石油企業会館内
Tel. 新潟 (3) 0603
中京地区 株式会社 朝日商会
名古屋市千種区覚王山通3-34
Tel. (73) 8147 ~ 9, 8140

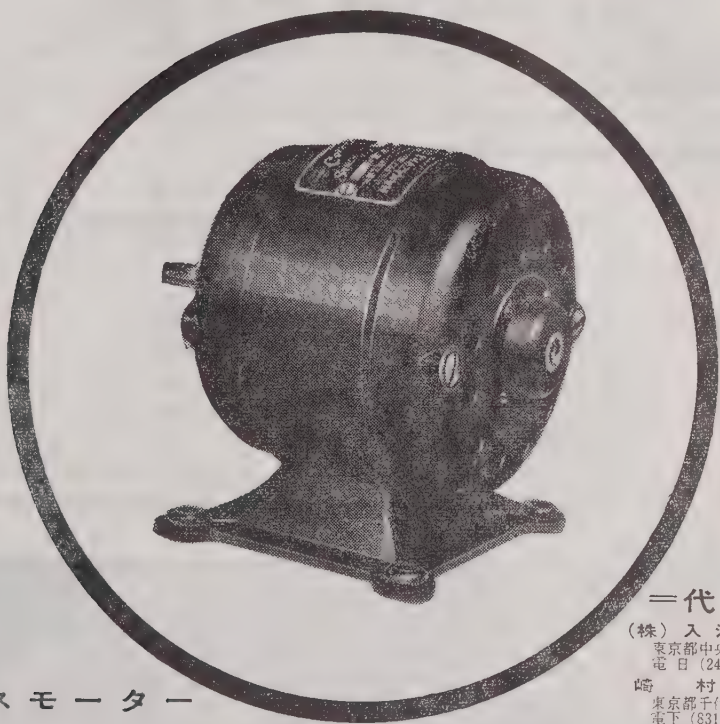
関西地区 株式会社 三栄商会
大阪市北区東堀川町11
Tel. 大阪 (36) 2556 ~ 7
中国・四国・九州地区 新川電機株式会社
本店 広島市三川町1
Tel. 中 (2) 9147 ~ 9, 9140
支店 高松市南鍛冶屋町4-18
Tel. 高松 (2) 7343
福岡市上小山町3-4
Tel. 福岡 (2) 0514 (3) 6344

日本電源機器株式会社

東京都墨田区寺島町5-130 電話 (611) 2461・2971
出張所 大阪市東区谷町1-7 電話 (94) 1140

古き伝統と新しい技術

コロナモーター



ーリスモーター
ンクロナスモーター
キャパシターモーター

は特に量産しております。

その他 小型モーターと発電機 については
御相談下さい。必ず御期待にそいます。



(旧社名 花塚電機産業株式会社)

コロナモーター株式会社

東京都目黒区東町52番地 電話 目黒(712)代表3146-5

＝代理店＝

(株)入江製作所
東京都中央区日本橋本町4の7
電 日(241)代表5281

崎村商店
東京都千代田区神田五軒町42
電 下(831)9053, 4346

吉沢精機工業株式会社
東京都文京区湯島新花町35
電 小(921)1042, 7088
営業所 長野市横町20
電 話 長 野 4601
新潟市下大川前石油企業会館内
電 話 新潟(3)0603

ユタカ電業株式会社
東京都港区芝新橋5の22
電 (501)代表8491-5

日本電化工業社
京都市下京区河原町通り四条下(日生ビル)
電 下(5)2587, 9247

沢電気機械株式会社
大阪市西区土佐堀通り2の8
電 大(44)3715(代表)~9

(株)西山製作所
大阪市東区瓦町2の15
電 北(23)5755, 229, 448

(有)入江製作所
名古屋市中区大池町1の48
電 中(24)1621, 6389

岩谷産業株式会社
大阪市東区本町3
電 船(26)3251~5, 8251~5
営業所 東京・名古屋

半導体技術の先端をゆく……

新電元のシリコン整流体

型名 S2A, S5B S8B, S16B

弊社は伝統の半導体技術をもって国産技術によるシリコン整流体の開発に業界のトップを切ってこれに成功し、政府の補助金交付を受けました。

別表の各種製品はすべて量産化に移っており、最近においては RCA および WE 社との技術契約を締結製品の性能は益々向上し御好評を頂いております。

電 圧 表

型 名 及 び 級				尖頭逆耐電圧 (P.I.V.)	最大交流入力電圧 (r.m.s.)	定格交流入力電圧 (r.m.s.)
—	—	—	S16B5	50	25	15
S2A10	S5B10	S8B10	S16B10	100	70	30
S2A20	S5B20	S8B20	S16B20	200	140	60
S2A30	S5B30	S8B30	S16B30	800	210	90
S2A40	S5B40	S8B40	S16B40	400	280	120
S2A50	S5B50	S8B50	S16B50	500	350	150
S2A60	S5B60	S8B60	S16B60	600	420	180
S2A80	S5B80	S8B80	S16B80	800	560	240
S2A100	S5B100	S8B100	S16B100	1,000	700	300

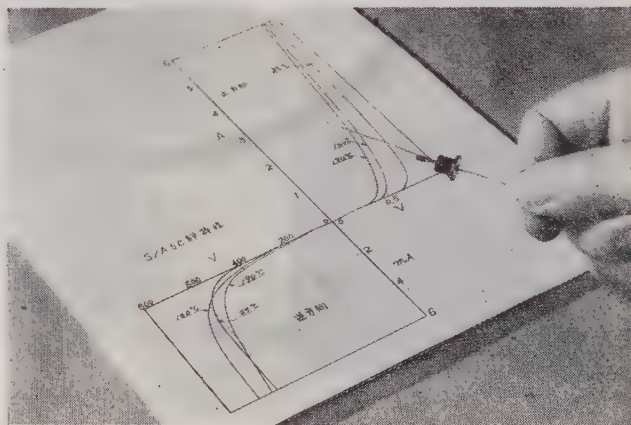
許容ジャンクション温度 -60~190°C

電 流 表

型 式	単相半波出力電流	
	自然空冷	強制風冷(5m/s)
S2A	1.5A	
S5B	8A	20A
S8B	20A	50A
S16B	70A	200A

営業品目

セレン整流器
ゲルマニウム整流器
シリコン整流器
磁気増幅器
自動電圧調整器
パワートランジスタ



S2A シリコン素子特性図



新電元工業株式会社

本社 東京都千代田区大手町 新大手町ビル 電話 (211) 2571 代表
大阪出張所 大阪市北区角田町 阪急航空ビル 電話 (36) 3294~3295
九州出張所 小倉市京町 281 五十鈴ビル 電話 5局 8431 代表

日・米・英・独・スイス・特許

HIGH
PRECISION
PATENTED

世界最高水準品！ J. MICRO MOTOR

科学技術庁長官賞受賞
特許庁長官賞受賞
大河内記念賞受賞
朝日新聞発明賞受賞
科学技術庁注目発明選定

高信頼度 高追従性 安定性能

D. C. SERVO MOTOR, SERVO MOTOR GENERATOR

マイクロモーターは独特の構造をもつ極めて精巧な微小形低損失直流電動機で、短起動時定数、高信頼度を有し、自重 100 g のモーターの能率 73 % という 1/2 HP の直流電動機の能率に匹敵する高性能モーターである。

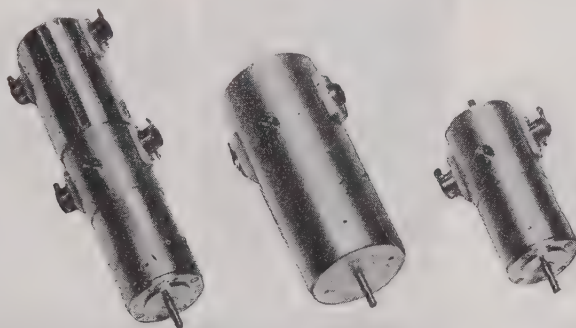
特に使用経過による作動電流の漸増傾向は全くなく性能は均一かつ安定である。

- | | | |
|-----|--|--|
| 特 徴 | (1) 各個特性の偏差が極めて少い | (6) $-50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ で作動 |
| | (2) 直径 18 mm 重量 43 g | (7) 定格出力時定格回転数 3,000, 5,000 r.p.m. |
| | (3) 高能率 0.5 W 型 52 % 2 W 型 73 %
(連続定格出力時) | (8) 180 g の加速度に耐える |
| | (4) 定格負荷連続作動 2,000 時間以上 | (9) Hg 10^{-3}mm において作動 |
| | (5) 右転, 左転特性一致 | (10) 短起動時定数 0.02 秒以下 |

製造品目 微小形低損失直流電動機
微小形低損失直流発電機

微小形速度計発電機付直流電動機
信号用直流電動機

当社で定めた規格テーブルの数値と納入製品性能との差異はなく、詳細な仕様規格によって納入します。



タコジェネレーター内蔵サ
ーボ用 マイクロモーター

能率 73 %, CL-4 B
強力マイクロモーター

CL-2 A
マイクロモーター

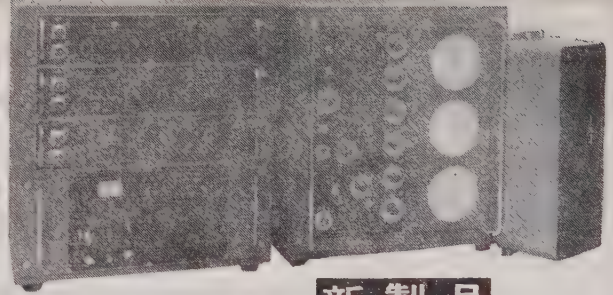
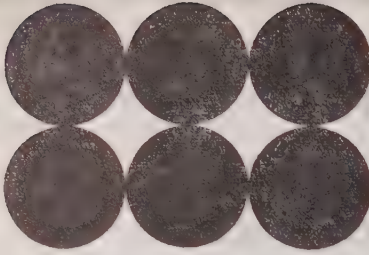
トランジスタテープレコーダー用普及品もございます

日本マイクロモーター株式会社

東京都目黒区下目黒 4-851 番地 電話 (713) 代表 2137~9

6 現象オシロスコープ

BO-601-Y型



新製品

概要

この装置は6組の電気現象を同時にブラウン管で観察でき、撮影装置との組合せにより、一瞬撮影もしくは連続撮影ができます。

性能

増幅部

測定電圧範囲 1mV~100V

最大感度 入力電圧1mVに対しブラウン管の振れ1mm以上

周波数特性 0~50kc/s ±1dB以内で平坦

ブラウン管部

掃引速度 粗0.1, 1, 10, 100ms/cm 4段切換

密×1.2, 3.4, 5.6, 7.8, 9, 10, 10段切換及び×1~10連続

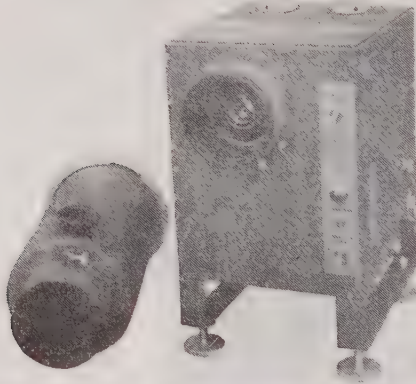
調整(誤差, 階段切換のとき±5%以内) 速度直読目盛方式

掃引の種類 繰り返し掃引, 単掃引, トリガー掃引, 拡大掃引(スタートストップ方式)



オシロスコープ連続撮影装置

BR-1101A, B型
1201A, B型



- 鮮鋭な連続撮影の記録(一コマ撮影も可能)
- 印画紙とフィルム of のいずれも使用できる。
- 感光材料の巾35mm専用と35, 88mm両用の2種
- 記録速度 0.5~300cm/sec (A型)
0.1~50cm/sec (B型)
- 刻 時 1/10, 1/100sec
- 整理番号 0~9999まで一連番号焼付

■4月1日より従来の三栄測器株式会社は右記の通りの業務分担により新発足いたすこととなりました。■

インク書きオシログラフ, 二現象オシロスコープ, 電磁オシログラフ, ブラウン管連続撮影装置, 各種直流増幅器, 各種歪記録増幅器

販売

三栄測器商行株式会社

東京都新宿区柏木1-95 Tel. (371) 7117~8・8114~5

電子管装置 製造

三栄測器株式会社

記録器 製造

三栄レコーダー製造株式会社

理化電機の高性能自動平衡記録計器

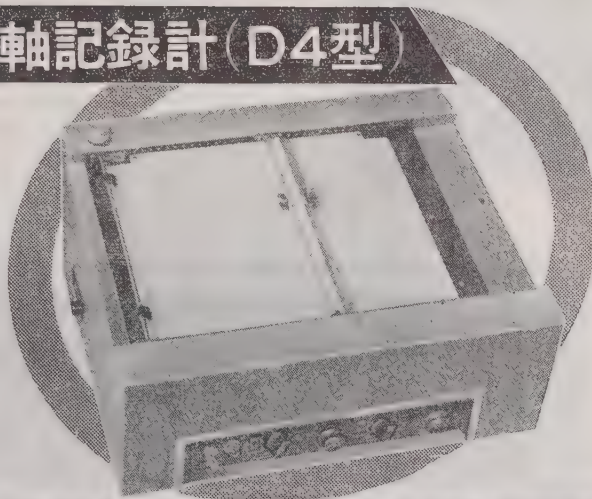
平面型 X-Y 軸記録計 (D4型)

性能

1. 測定電圧 5mV又は10mV
2. 追従速度 X・Y共1秒
(高速型 0.5秒)
3. 記録紙寸法 250×250^{mm}
4. 確度 ± 0.3%

特長

- 記録紙を1枚宛セットする事も
ロール紙を使用して連続セット
する事も出来ます。
- 制動回路を有し制動特性が良好
で正確に鮮明に記録出来ます。
- 電源、電圧の変動に対し指示が
影響を受けません。
- 操作が非常に簡便です。



高速平衡記録計 (ER-G1 ER-G2)

(電子管式自動平衡型)

机上用平面型

性能

1. 測定電圧 10mVフルスケール
2. 追従速度 (ER-G1 0.7秒)
(ER-G2 0.3秒)
3. 記録紙幅 250^{mm}
4. 確度 ± 0.3%
5. 記録紙送り速度
2,4,8,16,48cm 毎分,毎時
の10段切換

取扱が簡便・高性能で研究用に最適です。

他に二素子ER-H1, ER-H2があります。

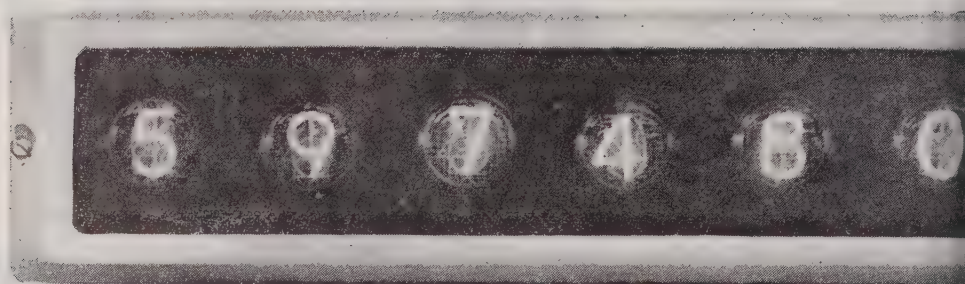
営業品目

X-Y軸記録計 (ドラム型, 平面型)
直流磁化特性自動記録装置
二素子高速平衡記録計
極座標記録計
曲線自動追従装置

株式会社 理化電機研究所

東京都目黒区中目黒3-1119

TEL (712) 3549・(713) 8319



新スイッチング素子の完成

数 字 表 示 管

光 導 電 半 導 体

+) クセノンガス入り放電管

カウンタが使いやすくなった

新しい光導電スイッチング素子の開発研究によって、そのスペクトル感度に合ったクセノンガス入り放電管と組み合わせたコード変換方式を完成しました。これによってタケダ理研製カウンタの全機種は数字表示管で表示されるようになりました。このようなコード変換方式は、高レスポンスを必要としない回路に用いて、すぐれた経済性と安定性をもち、カウンタは一層使い易くなりました。

-TR- 111 精密エレクトロニック・カウンタ、**-TR- 100** シリーズ・ユニバーサル・カウンタは、その高精度、高信頼性の性能をいかしてSSB、TV、放送、無線業務、宇宙観測等における周波数の測定、監視、調整、研究をはじめとして、回転数等の周波数に関連づけられた量の測定にDCから220MC (**-TR- 111 +112A/B**) または2.5MC (**-TR- 110DD**)、200KC (**-TR- 109B**) という広い範囲をカバーすると共に、飛翔体、高速運動体の速度、リレー、電磁バルブ等の電氣的、機械的な作動時間の測定が $0.3\mu\text{S}$ から 10^7S (**-TR- 111 + 113B**) まで、現象の繰返し時間、持続時間、立上り時間、立下り時間、更に任意の区間の時間について測れます。

-TR- 100 シリーズは周波数、時間、周期、周波数比測定と高速積算計数が1台のカウンタでできるタケダ理研独自のユニバーサル・カウンタとして設計製作されています。

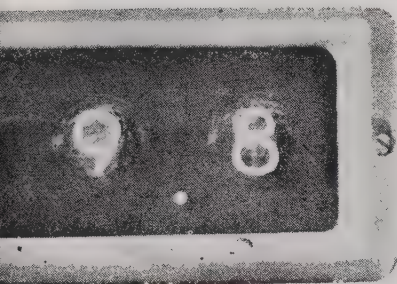
-TR- 111 は独特のアクセサリ・プラグ・イン・ユニット方式を用いていますので、1台のカウンタ本体に対して、用途に応じたプラグ・インを用いれば、特殊な測定にも容易に応用でき、その高性能を発揮することができます。

タ ケ ダ 理 研

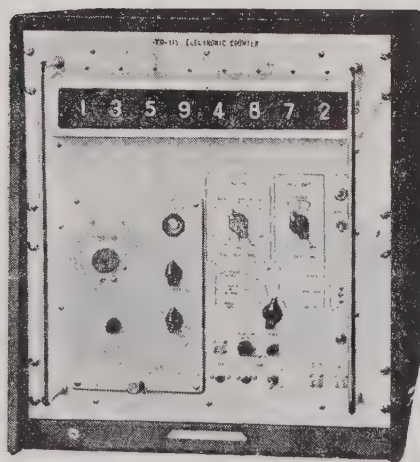
本社/工場 東京都練馬区旭町285 Tel(933) 4 1 1 1 (代
大阪営業所 大阪市北区梅ヶ枝町92ヤノシゲビル Tel(312)2695(直)/0051(代

エレクトロニクス技術者
 募機 械 設 計 技 術 者
 集

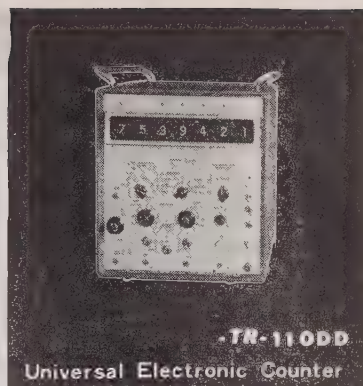
バルス機器の設計製作大
 学理工科卒業者
 デジタル機器の筐体、
 プリンター自動制御機器
 の設計製作高工機卒以上
 いずれも年令35才まで詳細は本社総務部え



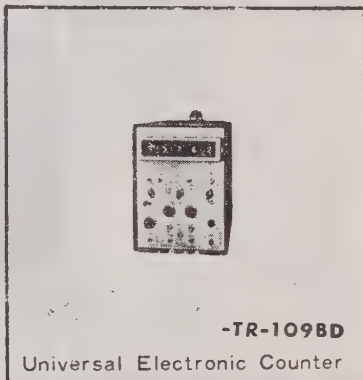
-TR-111D
 Precision Electronic Counter



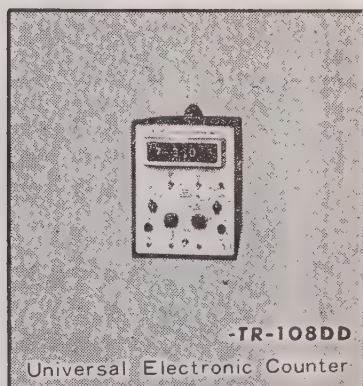
-TR-278 Digital Printer



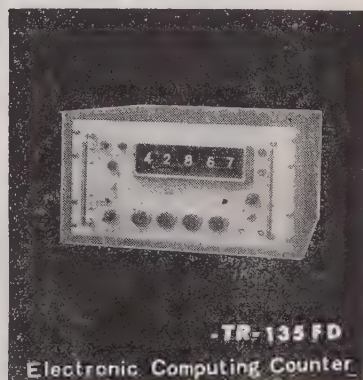
-TR-110DD
 Universal Electronic Counter



-TR-109BD
 Universal Electronic Counter



-TR-108DD
 Universal Electronic Counter



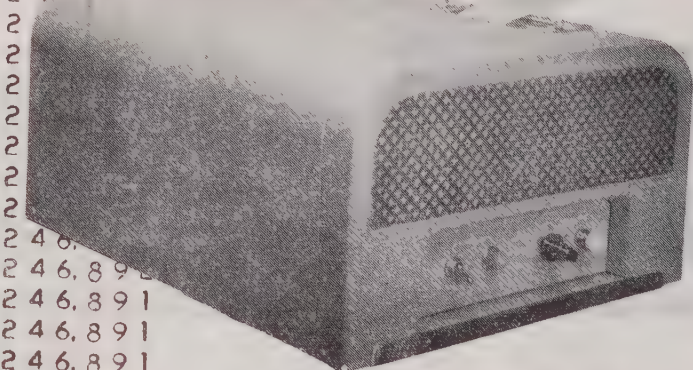
-TR-135FD
 Electronic Computing Counter

日測電子の

デジタル プリンター

9.752
9.752
9.752
9.752
214,569 T

246,892
246,892
24

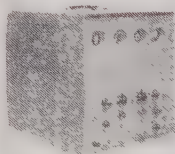


246,892
246,892
246,891
246,891
246,891
3,703,386 T

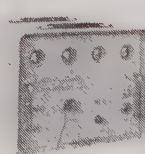
98,765,432
9,876,543 -
88,888,889 T

98,765,432
9,876,543 -
9,876,543 -
9,876,543 -
9,876,543 -
9,876,543 -
9,876,543 -
39,506,174 T

型式・設置型及びラック型の二種あり。
特長・データーの印字及び加減算が可能。
印字機構は米国クラリー社製



(4C-4B)



(PS-301)

各種エレクトロニックカウンタ及びA/D変換器等、あらゆるデジタル計測器の出力を直結記録することとなります。



日測電子工業株式会社

東京都港区芝金杉浜町70番地 TEL (451) 1815

Taiko

タイコチョッパ

DC-ACチョッパ

チョッパは直流入力を交流に変換し、あるいはこれを増巾後出力を再び直流に転換する機能を有するもので、一般自動制御機器を始めとして直流増巾器、アナログ計算器の増巾器、自己平衡電位差計、マイクロボルトメータ等記録測定関係の各分野に使用されています。弊社は多年チョッパの研究に従事し、構造、振動機構等に独自の改良を行い特に雑音防止、長寿命の点に特色を有しています。



品 種	TCP-55A	TCP-55B	TCP-561A	TCP-561B	TCP-561C
定格駆動電圧電流	6.3V 70mA (50%)	65mA (60%)	6.3V 140 mA (50%)	130 mA (60%)	
定格周波数	50 ± 5 % または 60 ± 5 %				
駆動電圧範囲	4.5V ~ 7.5V				
動作形式	S P D T		D P D T		
入力部変換回路	ベ ー ス ピ ン 1 ~ 2 ~ 3				
入力変換電圧	1 μV ~ 1.5V	1V ~ 50V	1 μV ~ 1.5V	1 μV ~ 1.5V	1V ~ 50V
入力変換電流(最大)	1 mA	5 mA	1 mA	1 mA	5 mA
出力部変換回路	ベ ー ス ピ ン 5 ~ 6 ~ 7				
出力変換電圧			1V ~ 50V	1 μV ~ 1.5V	1V ~ 50V
出力変換電流(最大)			5 mA	1 mA	5 mA
接点間および接点筐体間絶縁抵抗	10 ¹⁰ Ω 以上				
巻線筐体間絶縁抵抗	100 MΩ 以上				
位 相 お く れ	30° (50%), 40° (60%)		30° (50%), 40° (60%) (入出力側共)		
位 相 耐 称 度	3 ° 以 内				
耐 振 度	3 % 以 内				
雑音(100kΩ負荷r.m.s.)	1 μV 以 下				
接 触 率 %	B B M 45 % M B B 55 %				
温 度 範 囲	-10°C ~ 60°C				
重 量	230 gr				

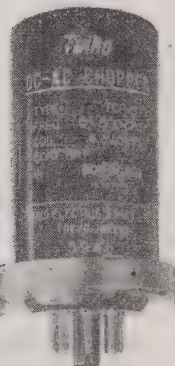
※1 御使用なされる定格駆動周波数を御指定下さい。

※2 接触率はBBMまたはMBBの何れかを御指定下さい、なお特に御要望のある場合は15%~75%の範囲にて特別に調整も致します。

特殊チョッパ

TCP-57、TCP-58チョッパは接点容量が大きく電源用として使用されると同時に、自動制御や計器用としての直流増巾器にも使用されます。但し低雑音を必要とする処には不向きで、此の用途にはTCP-55A又はTCP-561Aを御使用願います。

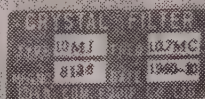
品 名	TCP-58	TCP-57
周波数範囲	定格 50% 又は 60%	定格 400%
駆動電圧(動作範囲)	定格 A-C 17.5V 50% (15 ~ 20V)	定格 A-C 6.3V 400% (5.5 ~ 8V)
線 輪 電 流 (mA)	40	60
線輪直流抵抗 20°C	380 Ω ± 5 %	22 Ω ± 5 %
入力部変換回路	ベースピン 1 ~ 2 ~ 3	
入力変換電圧	100 V 最大	50 V 最大
入力変換電流(最大)	0.3 A	0.1 A
接点間及び接点筐体間絶縁抵抗	最 小	200 MΩ
巻線筐体間絶縁抵抗	最 小	500 MΩ
接 触 率	B・B・M 45 %	
温 度 範 囲	-10°C ~ 60°C	
重 量	230 gr	



株式会社 大興電機製作所

本社・東京工場 東京都品川区東中延4の1402 電話 (781) 7155(代) 7181(代) 6411
 矢板工場 栃木県矢板市 電話(矢板) 36・49・63

新製品



10.7MC SERIES STANDARD CRYSTAL FILTERS

APPLICATIONS

• AM FM SSB RECEIVERS • DOPPLER RADAR SYSTEMS • FSK SYSTEMS
• FIXED CHANNEL RECEIVERS • SPECTRUM ANALYZERS

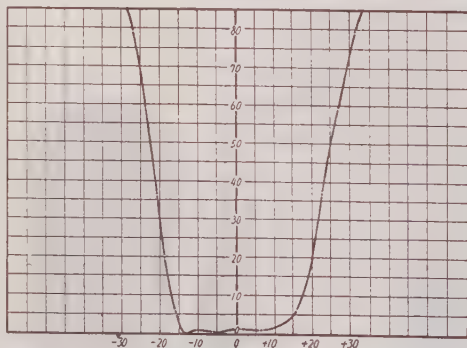
SYMMETRICAL BANDPASS

MODEL NO	CENTER FREQUENCY	BANDWIDTH 6 db	BANDWIDTH 60 db	INSERTION LOSS (MAX)	PASS BAND VARIATION (MAX)	IMPEDANCE OHMS (NOMINAL)	CASE SIZE L. W. H
10 M-A	10.7 Mc	30 Kc	60 Kc	6 db	3 db	2,500	80 × 24 × 30mm
10 M-B	◇	15 Kc	30 Kc	◇	◇	1,000	◇
10 M-E	◇	6 Kc	15 Kc	◇	2 db	500	◇
10 M-F	◇	3.5 Kc	10 Kc	◇	◇	300	◇
10 M-H	◇	0.5 Kc	2 Kc	◇	◇	2,000	◇
10 M-J	◇	30 Kc	50 Kc (75 db)	8 db	3 db	2,000	117 × 24 × 30mm

CRYSTAL DISCRIMINATOR

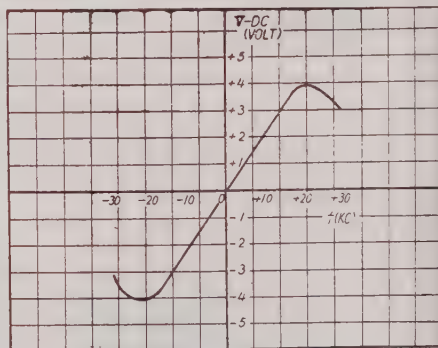
MODEL NO	CENTER FREQ	BAND WIDTH	IMPEDANCE OHMS	CASE SIZE L.W.H.
10M-DC	10.7 Mc	50 Kc PEAK TO PEAK	INPUT 10K. OUTPUT 500K	25 × 20 × 25mm

MODEL 10-MA
ATTENUATION VS. FREQUENCY



FREQUENCY IN Kc FROM 10.7Mc
CENTER FREQUENCY

MODEL 10M-DC
10.7Mc DISCRIMINATOR



FREQUENCY IN Kc FROM 10.7Mc
CENTER FREQUENCY

同一外形互換性を考えた10.7Mc 系例既設計、高信頼性の高周波水晶炉波器を御推奨いたします。
尚、特に新規設計にも応じますから何卒御用命の程御待ち申上げて居ります。



東洋通信機株式會社

本社及工場 神奈川県川崎市塚越3丁目484番地 電話 川崎(2) 3771-3779, 2766
東京営業所 東京都千代田区霞ヶ関3丁目3番地 鋼板ビル内 電話 東京 (591) 1973, 1974
大阪営業所 大阪市西区江戸堀上通り2丁目37番地(裁吉ビル) 電話 土佐堀 (44) 4332-6
福岡営業所 福岡市天神町58番地 天神ビル 電話 福岡 (75) 6031, 6416

モータだけでなく、モータに結合された
機械設備の安全運転のため

モータ保護継電器の 7 つの選定条件

1. 過電流に対する動作時間が長いこと

送風機のような起動時間の長い場合は動作時間の長い継電器を採用せねばなりません。

2. 限時調整装置つきであること

起動時間の長短に応じて限時調整できること、即ち起動時間の長いモータに動作時間を長く、起動時間の短いモータには動作時間を短く調整できることが理想的な過負荷保護法であります。

3. 電流調整装置つきであること

同じ容量のモータでも、極数或は籠形か巻線形かなどによって定格電流は異なるし、又結合された機械を保護するためには、運転中の実負荷電流に対して電流調整できることが必要であります。

4. 欠相(単相)保護特性を有すること

背後電力(Back Power)の増大に伴い、配電系統に或は背後電力の大きい発電所内で電力ヒューズの採用が多くなってきましたので、欠相の危険が広範囲に及ぶようになってきました。欠相のときは過負荷電流でなく定格電流より少ない電流(80%以内)でしかも過負荷の時より短い時間で動作しなければなりません。

5. 逆相保護特性を有すること

電源側の工事などで逆相になったとき定格電流より小さい電流(50%以内)ではるかに短い時間で動作しなければなりません。

6. 3相誘導形であること

3相形は3相回路に1個ですみ経済的であり、誘導形が一番性能の良いことは周知の事実であります。

7. 3相不平衡電圧のもとでも動作すること

配電系統の末端附近で厳密な3相平衡電圧は得難いものであります。3相不平衡電流が流れると逆相トルクが生じることは周知の事実であります。従って3相形継電器は過負荷動作方向と逆相動作方向とが同一方向でなければなりません。

〔註〕短絡保護はノーヒューズブレーカーで！！

電源開発の進展に伴い背後電力が益々大きくなってきました。低圧回路の短絡保護にノーヒューズブレーカーは好適であります。不時の短絡事故に完全遮断を期するため、常に完全な接触子面を保持せねばなりません。従って平常時の起動停止や短絡以外の事故電流(過負荷、欠相等)はマグネットスイッチに負担せしめることが安全な方法であります。(又短絡遮断後のノーヒューズブレーカーの接触子面は必ず分解手入しなければならないこともお忘れないう)

▲3E リレーその他各種保護継電器に対して上記7つの条件の1つ1つについて果して幾つ具備しているかを検討してみてください。その結果 **ミキオン 3E リレー** が満足すべきモータ保護継電器であることが、お分りの筈であります。

▲ミキオン 3E リレー

3E-25 形

3E-40 形

各種高・低圧電動機の保護に

特に起動時間の長い大形送風機や遠心分離機用に

▲その他の営業品目

ミキオン 3ESP リレー

ミキオン SPP リレー

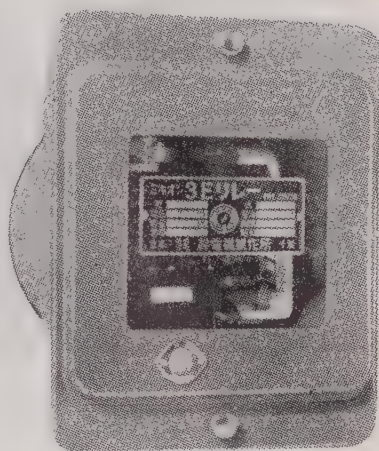
5.5kW以上のスターデルタ電動機の保護継電器

1F形 動作表示器1個つきの欠相電流継電器

3F形 動作表示器3個つきのどの相が欠相したかを表示する欠相継電器

ミキオン液面制御継電器 給排水用(表面氷結や水垢による誤動作が少ない)

ミキオン低水位警報継電器 深井戸ポンプ水中モータポンプ用で水位測定もできる



3E-25 形角形丸埋込

(呈カタログ)



株式
会社

幹 電 機 製 作 所

東京営業所 東京都千代田区神田和泉町 1-8 電話 東京 (866) 0937・0993・7424 (851) 9226
本社・工場 千葉県千葉市登戸町 2-165 電話 千葉 (2) 1873・5550・8062
成東工場 千葉県山武郡成東町成東 2337 電話 成東 0254

低温焼付の 純シリコーン ワニス



ダウ・コーニング含浸用シリコーンワニスの主な特性

項目	980 Varnish	981 Varnish	981 Varnish	Setback 1400 Varnish
溶剤	Xylene	Diacetone Alcohol	Butyl Alcohol	Xylene
粘度 (cP)	32	54	43	37.7
乾燥時間 (hrs)	100-200	50-150	40-90	400-800
乾燥温度 (°C)	3 hrs / 200	1 hr / 150	1 hr / 100	6 hrs / 100
乾燥温度 (°C)	6 hrs / 200	6 hrs / 150	6 hrs / 150	12 hrs / 150
乾燥温度 (°C)	2000	1900	1900	2100
乾燥温度 (°C)	1500	1700	1700	1400
乾燥温度 (°C)	3660	5100	5000	B 種用
乾燥温度 (°C)	22.4	17.3	17.3	40

(CPS = centipoise (V / ml) vol. per ml. thickness)

DowCorning 980, 981, 997 VarnishはH種の大型モーター絶縁含浸用ワニスとして用いた場合でも150°C~200°C 6時間で完全にキュアーし、すぐれた接着力(bond strength)を示す。このようにH種絶縁はもとより、A・B・F種いずれにも使用できる絶縁材料です。

シリコーンに関する技術的、専門的な問題は弊社シリコーン課あてお問合せください。

カタログ進呈

贈呈券を切り取って
ハガキにはり
お申し込み下さい
お送りします

カタログ
贈呈券

VARNISH
0-61

first in
Silicones

Dow Corning 社 日本総代理店
エ・ア・ブラウン・マクファレン株式会社

東京都中央区銀座2-3 米井ビル TEL (561) 5141~5・4326
大阪市東区今橋4-1 三菱信託ビル TEL (23) 0727・4210

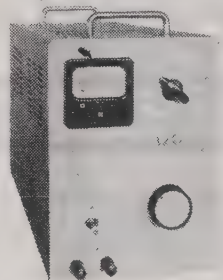
特約店 岸本産業株式会社

大阪店 大阪府大阪市東区通3の40の1 電 (3) 2861~4
東京店 東京都中央区日本橋本町3の2 電 (671) 9137・5016
大阪支店 大阪府東区伏見町4の34 電 (23) 3521~4・6073~4
名古屋支店 名古屋市中区通1の1の1 電 (4) 3641
名古屋支店 名古屋市中区通4の11 藤田ビル404号電 (23) 2045・5485

弘栄貿易株式会社 神戸・東京・大阪・札幌
稲畑産業株式会社 大阪・東京・名古屋・福岡
藤本産業株式会社 大阪・東京・名古屋・福岡
三菱商事株式会社 東京・大阪・名古屋

C&C 直流安定化電源装置

505A形 出力を完全に短落しても **121形**
(全トランジスタ式) 安心です。(特許出願中) (全トランジスタ式)



本器は出力電圧0~40V (連続可変)で6A (最大)の電流が供給できる直流安定化電源であります。

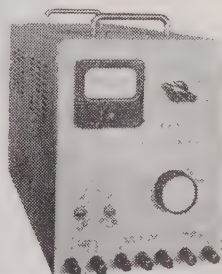
出力電圧 0~40V 連続可変
出力電流 6A
出力電圧安定度 $\pm 0.5\%$ 以内
リップル含有量 2mV 以下
内部抵抗 0.01 Ω 以下
入力電源 AC100V 50~60%
単相
消費電力 最大300VA



本装置は多種類の安定化直流電源を電子計算機用または自動制御プラント用に適するよう絶縁し、それらの各回路の保護ならびに警報回路を有し、またリレー等による制御運転回路を有する総合電源装置であります
(仕様により各種を製作しております。)

入力電源 定格(I) AC200V 3相 50/60%
定格(II) AC100V、単相 電圧変動 $\pm 5\%$ 以内

505C形
(電子管式)



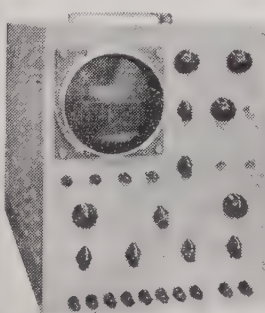
本器は出力電圧100~500V (連続可変)で300mA (最大)の電源が供給できる高電圧直流安定化電源であります。

1. 安定化直流高圧
出力 100~500V 0~300mA
安定度 $\pm 0.05\%$ 以内
リップル 1mV 以下
2. 雑用直流出力
出力 5.7~6.9VDC 0~1A
安定度 $\pm 0.5\%$ 以内
リップル 10mV 以下
3. 雑用交流出力 (2系統)
出力電圧 6.3V AC (unreg.)
出力電流 3A

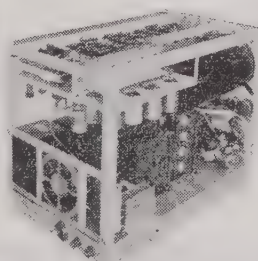
B-H Curve Tracer

強磁性体 (特にトロイダルコア) の品質管理および研究用としての決定版!

124形



本器は後段加速形5インチブラウン管を有するシンクロスコープ系統と2個の直流増巾器を有する検出系統を結合することにより、試料4個を接続し任意の2個を同時に比較および定量測定することができるようになっておりますので、従来この種測定装置では非常に困難であった比較および定量測定をパネル面のツマミで簡単に行なうことができます。



測定項目 1. $B=B(t)$ 磁束密度波計
2. $H=H(t)$ 磁界波形
3. $B=B(H)$ B-Hカーブ
4. $B=\frac{dB}{dH}(t)$ 巻線出力
測定周波数 50, 60, 350, 420, 1,000, 1,200%
感度 B軸 10mV/cm~10V/cm
H軸 100mV/cm~10V/cm
位相差 1%~100kc $\pm 5^\circ$
使用CRT 5ABP1
入力電源 90~110V、50~60%

呈カタログ

中央電子株式会社

東京都八王子市元本郷町2-155

TEL 八王子(026)2局2380・6748~9

Saibi

最新型高性能（特許出願中）

INSTAT

交流自動電圧調整器



100V、200V 10kVA

インスタット交流自動電圧調整器は、洛美電気が、世界にさきがけて開発した最新機です。

インスタットは、下記の特長をもっています

1. 小型軽量（増巾部は全トランジスター方式）
2. 完全な実効値検出
3. ノードリフト（温度変化等に対してゼロ漂移が少なく）
4. $\pm 0.1\%$ の精度（電源電圧 $\pm 10\%$ 負荷0～100%）
5. 高い速応性

製作容量 0.2 0.5 1 3 5 7 10kVA

洛美電気株式会社

都内町田市 TEL (0274) 2193代表

—— 営業品目 ——

AC、AVR DC、AVR
鉄共振型定電圧装置
静止励磁機 ACG、AVR
誘動型AVR 教育用磁気増巾器
高圧大容量可飽和リアクトル
サーボ増巾器 其他制御装置

電動機が過負荷、単相運転になると直ちに自動遮断する!!

特許・実新出願済) 渦巻式熱動型過負荷継電器 (単極式)

新製品

略称

SOCリレー

温度補償装置附

過負荷電流保護 単相運転防止、内部故障による主捲線輪の焼損防止。

SOC リレーについて

一般の熱動型過負荷継電器の動作素子バイメタルは短冊型を採用しておりますが、SOC リレーの動作素子は渦巻式バイメタルを採用しておりますので、動作時限特性が非常に正確鋭敏であります。それ温度補償が完備されておりますから、夏期、冬期でも安定した動作時限特性であります。優秀なる誘導型過負荷継電器の動作特性と十分比肩し得ると確信いたします。本器は起動性、動作性、確実性、簡便性、堅牢性、低廉性において他に類がないと確信して発売することになりました。どうかこのすばらしい性能をお試し下さい。

SOC リレーの主なる特徴

起動特性 起動電流 600 % に対し起動時限 12 秒の格段が有りますから、特殊電動機を除き普通力率電動機なれば全負荷投入起動運転が出来ます。

動作特性と保護効果 電動機定格の 110 % 負荷電流では不動作である。電動機焼損事故の原因とき最も重視される単相電流は 170 % ~ 600 % 程度流れます。この 170 % 過電流に対し動作時間は 5 秒で動作し、200 % 過電流に対し動作時間は 12 秒で確実に動作しますから、単相運転防止、過負荷保護、内部故障による焼損防止等保護効果を發揮いたします。

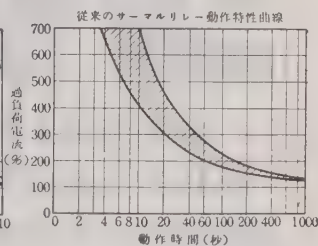
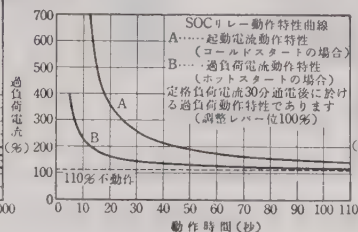
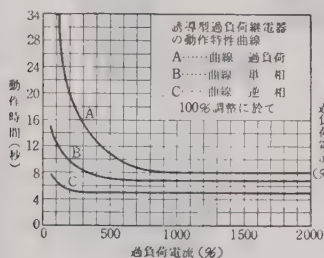
周囲温度に影響されない 温度補償装置が完備されているから、船舶の様な航海地点により周囲温度の変化の激しい船舶補機電動機の保護に適し高温場所においても一定した保護特性である。

電流調整 SOC リレーは引はづし電流目盛方式 (閉路式) を標準として採用、電流調整は定格電流の上下 10 % に調整が出来ます。御希望により 15 % または 20 % 調整値も製作可能。また (開路式) も製作いたします。

過電流対量大である それは渦巻式バイメタルと飽和変流器の両特性の結合により起動特性と動作特性がいちじるしく改善せられ、また変流器飽和特性により定格電流の 20 倍過流してもバイメタルに流れる電流は自動的に抑制されるから、バイメタルは安全に保持されると同時に過大電流は電流に反比例した時限で安全に回路遮断を行い電動機並に線路を保護する。

電流量の変更が簡単に出来る SOC リレーはヒーターの代りに飽和変流器を併用するため一次線の換替で簡単に変更が出来る。20 HP 以上 50 HP までは一次側貫通で使用できますから経済的であります。

作特性の比較 従来のサーマルリレー、誘導型過負荷継電器、SOC リレーの 3 つの動作特性曲線により比較して御理解願えれば幸甚であります



電気計器・継電器・変成器

カタログ進呈



ヒライ電計機株式会社

本社工場 京都市下京区中堂寺北町 28 電話壬生 (84) 1912・2428 番
 第二工場 京都市右京区山ノ内山ノ下町 2 電話壬生 (84) 9 6 5 0 番
 第三工場 京都市中京区壬生高樋町 8 (継電器工場)

近代設備から
生まれた……

信越

信越化学工業K. K 磯部シリコン工場

シリコン

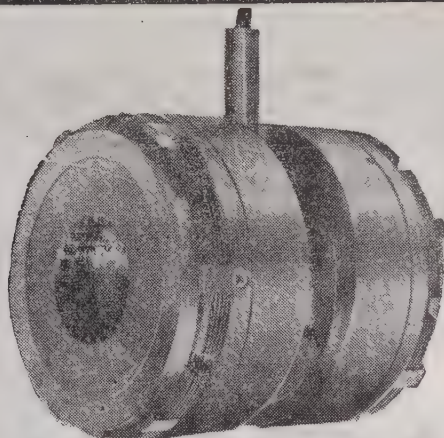
— 碍子に対する主な作用 —

- 碍子の表面を電氣的に絶縁するアミーバー作用
- 汚損物が附着しても 表面のはっ水性をたもつ
- 特別な気象条件（台風 煙塵汚損など）の保護
- 汚損物の固着を防ぎ 清掃を楽にする碍子保護



信越化学工業株式会社

東京都千代田区丸の内1-2
TEL (211) 3141-10 / 3151-10



神鋼

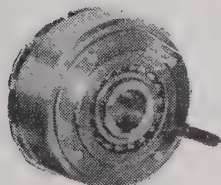
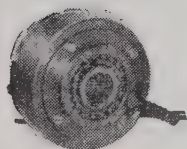
小型湿式多板

工作機械、産業機械の 自動化と能率向上に 電磁クラッチ 電磁ブレーキ

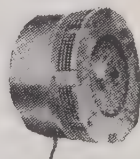
電磁クラッチ ブレーキ コンビネーション

■ 特 長

- 寸法最小……最小の寸法で最大のトルクを発揮させます
- 残留トルク 1 % 以下……独特の設計により残留トルクを画期的に少なくしました
- 刷子不要……装備並びに保守が容易です
- 調整永久不要……取付後の調整は一切不要です
- 取付簡単……取付部の歯切・加工を要しません



小型乾式多板電磁クラッチ・ブレーキも製作いたします。その他 1000 K W 以上の大容量の電磁クラッチまで各種の豊富な型式を擁しています。



神鋼電機株式会社

本社 東京都中央区西八丁堀 1 の 4
営業所 東京 大阪 名古屋 神戸 小倉 広島 札幌 富山

ク ン と

安 く な る

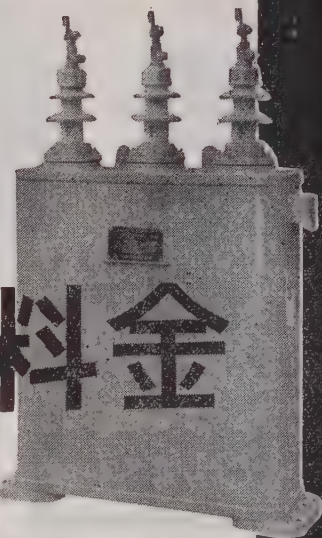
OF式コンデンサの利用で!

電気料金を安くし、作業能率を向上するには、力率改善用OF式コンデンサを御使用下さい。

▶電気料金

日新

力率改善用 OF式コンデンサ



力率改善用OF式コンデンサ
3.3 kV 3φ 60% 50 kVA

力率改善用OF式コンデンサは特別に精製された絶縁紙および絶縁油を誘電体とし、純度の高いアルミニウム箔を電極とした紙絶縁油入コンデンサであります。

1. 電気的性能が良好
2. 品質に恒久性がある。
3. 高温に使用される
4. 容積、重量が小である。
5. 廉価である。

等、数多くの特徴を持っております。電気設備の合理化を作業能率向上にOF式コンデンサの使用をおすすめ致します。



日新電機株式会社

本社・工場 京都市右京区梅津高畝町20番地 電話京都(86)1131(代)
 東京支社 東京都千代田区内幸町2丁目1番地(大阪ビル1号館6階) 電話東京(591)9211(代)
 大阪支社 大阪市北区堂島浜通1丁目25番地(新大ビル7階) 電話大阪(36)7831(代)
 名古屋営業所 名古屋市中村区笹島町1丁目1番地(新名古屋ビル北館4階) 電話名古屋(55)7015
 出張所 札幌・仙台・富山・広島・高松・福岡・八幡 7423



力率改善用OF式コンデンサ
3.3 kV 3φ 60% 200 kVA

Sansha

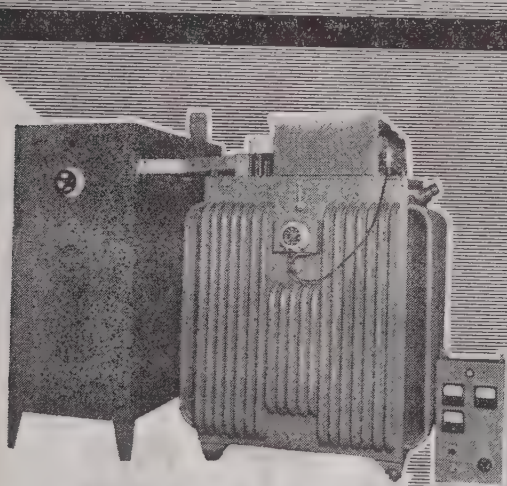
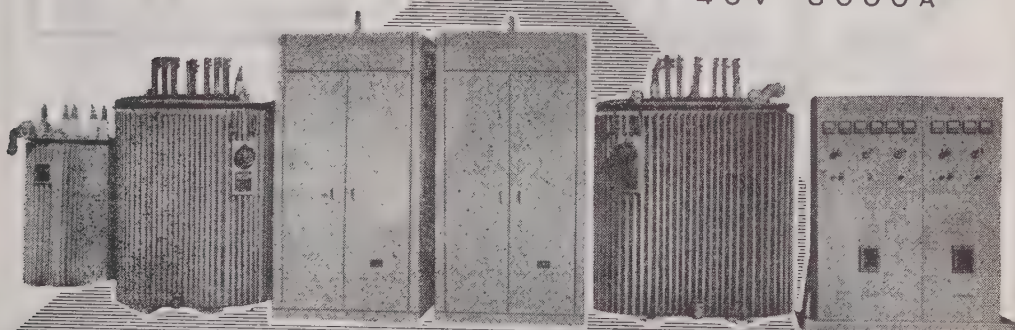
ゲルマニウム整流器

セレン整流器 ・ シリコン整流器

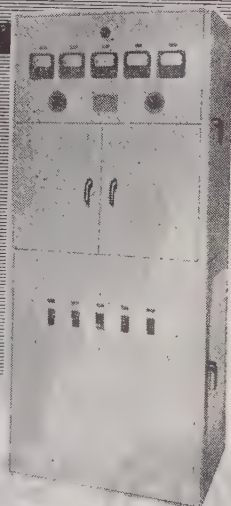
水冷式ゲルマニウム整流器

16V 6000A

40V 6000A



油冷式シリコン整流器



105V 50A
シリコン整流器



株式会社 三社電機製作所

本社・工場 大阪府東淀川区淡路本町1-150 電(37)6636-9
東京出張所 東京都港区芝罘平町30 電(501)9911-2



東洋の計器

電気計器 メーターリレー 電気式回転計

(カタログ贈呈)

営業品目

携帯用・配電盤用・パネル用

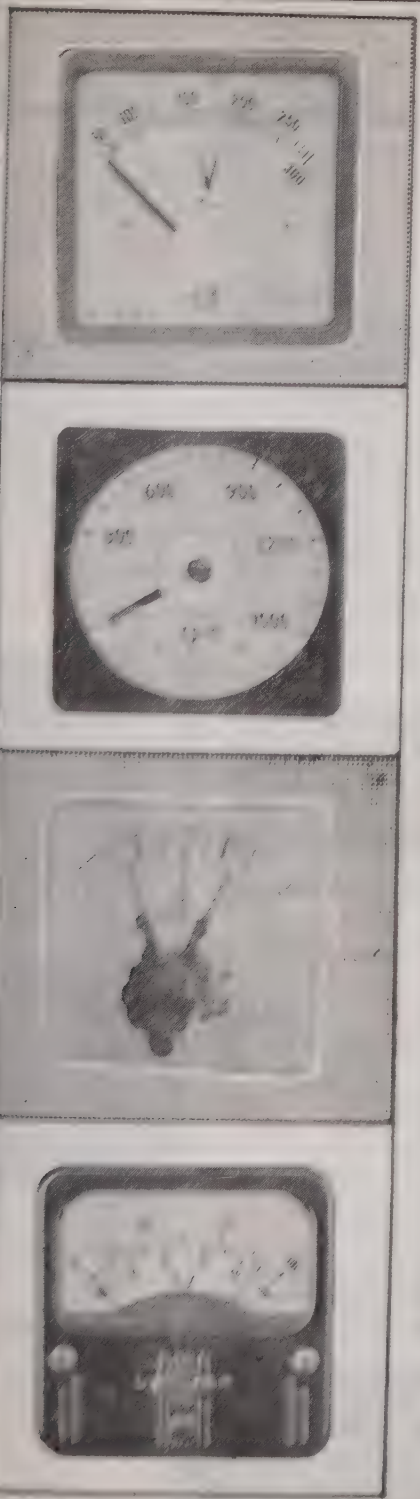
指示電気計器

強圧式メーターリレー・電気式回転計

日本工業規格表示許可工場

東洋計器株式会社

東京工場	〒100 東京都千代田区千代田1-10-1 電話(33) 5246
大阪工場	〒545 大阪市東淀川区千代田2-2-13 電話(441) 3643
京都支店	〒600 京都市中京区西門町25 電話(84) 429



リコ自動電圧調整装置

凡ゆる機器の制御は電源電圧の自動制御から……………

専門メーカーのリコ一定電圧装置は負荷機器の種類により磁気増幅型(MR型) 摺動変圧器型(MDR型) 鉄共振型(FR型)の3群に岐け製作いたしております。各電力会社、有力産業会社、学校の現場或いは研究室用の電源として多数御採用賜り、絶対の信頼を頂いております。

自動電圧調整装置標準仕様

型 式	入力電圧 変動範囲	周 波 数 変化範囲	出力電圧 精 度	負荷変化 範 囲	製 作 機 容 量
鉄共振型	70~120V 又は 170~240V	50% 又は 60%	±1% 以内	0~100%	100VA ~ 5kVA
摺動 変圧器型	70~120V 又は 140~240V	影響なし	±2% 以内	0~100%	1kVA ~ 50kVA
磁 気 増 幅 精 密 級	85~115V 又は 170~230V	47~52% 又は 57~62%	±0.5% 以内	0~100%	100VA ~ 50kVA

磁気増幅器型標準 1φ 5kVA

磁気増幅器型新資料贈呈

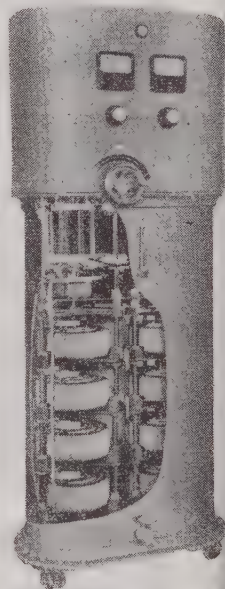
スライド・トランス 摺動変圧器

スライド・トランスの用途は電気応用機器の発展と多岐化にともないテレビの電圧調整器から電力、電機会社の設備用途広範囲にわたっております。

弊社ではスライド・トランスの利点を御認識願ひ度く、日夜凡ゆる部品、機構の研究を続け、海外迄広く御利用願っております。

現在用途別に次の型式のものを製作いたしております。

型 式	TYPE	使 用 法	製 作 容 量
吊置式	RS RSD	操作ハンドルが垂直に取付けられ据置の位置で使用する	1φ 100VA~10kVA 3φ 2kVA~30kVA
パネル 取付型	PS	制御盤等に直接取付けて使用する	1φ 100VA~3kVA
横 式	SS	筐体内部に組込んで使用する又は壁掛式で使用する	1φ 4kVA~10kVA 3φ 1.73~17.3kVA
油 入 口冷式	OS	耐爆・耐蝕性を必要の場合又は大容量のもの	1φ 500VA~3φ 50kVA



3φ 40kVA 200V/0~240V
リコ OS 型
スライド・トランス

電圧調整器総合専門メーカー

営 業 品 目

摺動変圧器
交流自動電圧調整器
誘導電圧調整器
金属整流器
変圧器一般

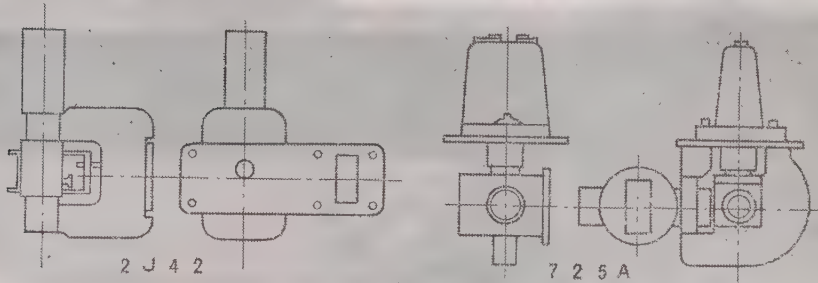
理 東京理工舎

東京都北区田端新町 2 5 電話 (807) 6171 代 4

カタログ資料急送
申上ます

マグネトロン

定評ある **JRC** レーダ管シリーズ



Xバンド マグネトロン シリーズ(1)

型 名	構 造	f (Mc)	H (Gauss)	動 作 例				備 考
				C_{mg} (kV)	i_b (A)	i_p (μs)	p_o (kW)	
7 2 5 A	全金属型 固定同調周波数	9345 ~9405	5400	12	12	0.4	50	
2 J 4 2	"	"	PKG	5.5	4.5	1 0.1	8	
2 J 4 2 A	"	"	"	6.9	7.5	1 0.1	20	小型軽量
2 J 4 2 H	"	"	"	5.5	4.5	0.4	8	高々度にて 安定動作

クライストロン、送受切換管も各種製作しております。

又、プラチノトロン、mm波マグネトロン、医療用工業用マグネトロン、BWO等の高性能、新管種の開発研究に常に努力しております

特約店

JRC

日本無線株式会社

大央電気株式会社

千代田区神田旅籠町2-6 富山ビル
電話 (291) 9404, (251) 5963

東京都千代田区千代田1の7 第3章ビル
大阪市北区堂島中1の22
福岡市新開町3の53 立石ビル
札幌市北一条西4の2 札幌ビル

電話 東京 (591)(4) 9311・9321
電話 大阪 36 4631 ~ 6
電話 福岡 ⑦ 0277, 1282
電話 札幌 ② 6161 ④ 6336

電 氣 学 会 雜 誌

昭和 36 年 5 月

第 81 卷 第 5 冊 第 872 号

本号のみどころ

・ 座席大会論ヲ纂録部、ストルット博士講演会、第 15
・ 座理論研究専門委員会、データロガ講演会 エレ
・ ントクノ自動制御専門講習会予稿残部、第 4 回自動制
・ 御会議講演集纂要項、技術報告第 43 号出版、の会告
・ (会告 1~3)

アメリカの大学における教育制度と研究活動 筆者が名
の著書中に見聞したアメリカの大学の事情について述べて
いる。いわゆる象牙の塔としてではなく、社会研究などが
行われ、アメリカの経済力、工業力の基盤となってい
るが国としても、これに参考にとどまらず、

(案第 725 ページ)

3. 単なる液体絶縁物中の電気伝導 液体の導電と
これに関して重要な項であるイオン移動度について、つ
い測定結果を示し、0.5 MV/cm の電界までは電界依
存しないことを主張している。(727 ページ)

ノと炭素の複合糖膜抵抗体 コロ化チタンの熱分解
 ビルオクサンの熱分解によりチタンと炭素の複合被膜
 膜試作研究し、その温度特性、経年変化、離合、無鉛
 一生、電気抵抗、熱膨張率、導電率、熱安定性を
 調べ、ついでにそのことを示している。736 ページ、

交流分に対する電流力計形継電器の動作特性 真流
電流方向継電器の動作特性に対する放電電流中の直流
成分を可動部の運動方程式により理論的に説明し、これ
の結果とがよく適合することを確認、特にノットツバ
「り」の場合の動作特性を明らかにした。また、この
上にある。(74) ページ

高周波入力用磁気増幅器の方式とその応用例

三相の直列形可飽和リアクトルの動作解析 三相の電圧電流三相の直列形可飽和リアクトルが使用されるが、三相と接続ある場合となない場合とは、その負荷電流波形特性も著しく異っているが、その理論的解析を行うの基礎を作るとともに経歴的な方法を報告している。

デジタル計算機の自動プログラミング アナログ計算機

特に閉路自動プログラム方式について、収れん条件、収れん条件などを理論的に吟味し、多岐にわたる多岐を述べている。(765 ページ)

マグネトグラフィについて 磁気写真方法およびその応用について解説し、V形ヘッドによるフアクション、環状変位形オシログラフ、軟式現像方法、カラー現像方法などにつき、筆者の実験した結果が示されている。さらに高速度プリンク

[illegible]

図 10 3 kV 柱上多分路の縦断破壊試験結果とその考察

8kV 用柱上変圧器で昭和 15 年以前および以後の各年代
別、 1000V 用柱上変圧器で昭和 15 年以前および以後の各年代
を統計的に検討し、絶縁電圧上からの考察を加えて、次の

抵抗線の高周波特性の改良について 砂塵形抵抗器のカー
ボニングの効果が高周波特性に作用する機構とカーボンレン
ズ抵抗器の高周波特性に影響する諸因子を解析し、高周波特
性の向上策について述べている。(801 ページ)

發電機コイルの第2電流能増点と交流修補電圧の關係

発電機・イルミネーション・遊園地など、電力を必要とする場合の電流・電圧・線路・距離などの電気的要素と、労働条件との間に比例関係があることを実験により明らかにし、それ

直営陸軍電報網について 直営陸軍電報網とその沿革

について主要構造を説明し、トルク、電流と速度、同期運転速度に対する考察を述べ、既論値と実験値とを比較している。(817 ページ)

制御用シクロの残留電圧と電気誤差 制御用シクロ
の残留電圧と電気誤差の一般式を導き、電気誤差について研
究する。第2章では、予備的として、群集型インバータの動作原
理、その特性及び、電力変換器の出力電圧、電流の波形等につ
いての電気的誤差を定量的に論じ、残留電圧と電気的誤差を防ぐ
ための対策を述べてゐる。(例2) (ページ)

電力用無線通信 電力事業に使用される無線通信

あるかを解説したもので、第9年曾四呼会産台ナカバヤシ
の執筆機原の要旨。(機原ナカバヤシ)

目

次

寄 書

アメリカの大学における教育制度と研究活動 武田 進 725 (1)

資 料・論 文

光電効果による波長選別中の電気伝導 丁 炳 雲・大石 嘉雄 727 (3)
 チタンと炭素の複合被膜抵抗体 古幡 情司 734 (10)
 電圧変動に対する電流特性の電器の動作特性 中西 邦雄・吉本 光一 741 (17)
 高周波入力用磁気増幅器の方式とその応用例 成瀬 民也 745 (21)
 三相直列形可飽和リアクトルの動作解析 小林 寛 755 (31)
 アナログ計算機の自動プログラミング 三浦 武雄・岩田 純蔵 765 (41)
 マグネットグラフィについて 松本 憲吾・横山 俊雄 775 (51)
 磁気増幅器の過渡応答 水上 憲夫 783 (59)
 現用 3 kV 柱上変圧器の絶縁破壊試験結果とその考察 大和 玄一 792 (68)
 抵抗器の高周波特性の改良について 津端 一郎・野口 誠一 801 (77)
 電圧変動による電流急増点と交流破壊電圧の関係 寺瀬 齊 808 (84)
 直流階動電動機について 関根 三郎 817 (93)
 制御用シンクロの残留電圧と電気誤差 森田啓二郎 821 (97)

製 品 紹 介

デジタル・ボーマンズ直視装置 (DRZ-10 型) 安藤電気株式会社 831 (107)
 アルミめっき鋼線 住友電気工業株式会社 832 (108)
 フリードワイヤ (Flead Wire) [通信機器回路部品端子用はんだめっきリード線] 藤倉電線株式会社 833 (109)
 万能ブリッジ (BV-Z-13A 型) 横河電機製作所 834 (110)

技 術 綜 説

電力用無線通信 岸本 三郎・水谷 克己・宗宮 璋 835 (111)

講 演

システム工学について 熊谷 三郎 843 (119)

学 界 時 報

特 許 紹 介 850 (126)

ニ ュ ー ス

本 会 記 事 879 (155)

調 査 委 員 会 記 事

求 人・求 職 883 (159)

正 誤

告 36 年連合大会論文集残部, ストルット博士講演会, 第 15 回電磁界理論研究専門委員会, 890 (166)

データーロガ講演会, エレクトロニクスと自動制御専門講習会予稿残部, 第 4 回自動制御連合講演会講 893 (169)

演募集要項, 技術報告第 45 号出版] (会告1~4) 893 (169)

電 気 学 会 雑 誌 へ の 寄 稿 注 意

- 寄稿者は原則として本会会員に限る。
- 本会所定の原稿用紙に「電気学会雑誌寄稿のしおり」に基づいて執筆のこと。これらは申込み次第送付する。
- 寄稿の種類
 - 資料・論文 (長さは刷上り10ページ以内, 英文要旨付) (雑誌1ページは本会原稿用紙で6枚)
学術および技術に寄与する新しい研究成果
 - 誌上討論 (長さは原則として刷上り1ページ以内)
本会誌に掲載された事項に関する討論およびそれに対する原著者の回答
 - 寄書 (長さは原則として刷上り2ページ以内)
学術又は技術に関して, 会員一般の関心を促すための意見, 本会の事業および動向に対する批判, 意見等
- 4 会員の声 (600 字以内, 用紙随意)
雑誌, 講演会その他本会の事業を改善するための建設的意見等を簡潔に執筆したもの。誌上匿名は差支ない。採否は編修理事が決定する。又要旨だけ掲載する場合もある。
- 5 英文要旨 資料・論文に 300~500 語以内 (図表を付けない) の英文要旨を付けること。これは海外向本会誌のみに掲載する。
- 6 原稿の送付先 東京都千代田区有楽町1丁目3番地
電気学会編修課
- 7 別刷 50 部までは無料で著者に贈呈。それ以上は有料。

224,000 kVA 発電機

(日立製作所製)



(表紙写真説明)

本機は先に納入した東北電力株式会社仙台火力発電所用発電機と同容量のもので、日立港より海上輸送され、川崎火力発電所の2号機として使用されるものである。

日立製作所では本機に引き続いて 224,000 kVA, 160,000 kVA, 92,000 kVA など多数の発電機を製作中で、大容量機の量産態勢を完成している。

本機の概略仕様

224,000 kVA, 12,000 V, 50 c/s, 2 極,
3,000 rpm, 水素圧 2 kg/cm², 力率 85 %
(遅れ)

水素冷却横置円筒回転界磁形耐爆構造式

会 副	長	後	藤	以	紀
副 会	長	福	田	節	雄
		浅	見	義	弘
		宮	本	茂	業
総 務	理 事	関	英	三	郎
		山	太	三	郎
会 計	理 事	和	重	暢	男
		木	久	男	
編 修	理 事	森	英	久	夫
		柳	久	義	佐
		之	園	親	夫
調 査	理 事	荒	川	康	彦
		岡	村	幸	博
東 京	支 部 長	斎	富	千	芳
関 西	支 部 長	村	野	知	武
九 州	支 部 長	高	上	重	雄
東 北	支 部 長	竹	川	秋	彦
東 海	支 部 長	佐	本	電	雄
中 国	支 部 長	松	藤	保	男
北 海	道 支 部 長	加	脇		造
北 陸	支 部 長				喜
四 国	支 部 長				

廣 告 目 次

ア	サ	大成化学機械	ナ	フ
愛知電機 (後15)	三栄測器 (前34)	(記中889ページ)	中村電機 (後13)	富士機器 (後16)
永通製作所 (後14)	三社電機 (前49)	大成電機 (後23)	永柳コルク工業 (後3)	富士金馬 (後19)
安藤電機 (前13)	佐藤金属工業 (後24)	大興電機 (前39)	長浜製作所 (後5)	富士電機(アート1)
	済美電機 (前44)	大日電線 (前3)	ニ	古河電気工業 (前4)
伊東電機 (後6)	山洋電機 (後1)	第一電機 (前25)	日空工業 (後15)	ホ
石塚電子 (後12)	指月シ (後10)	高岳製作所 (前12)	日新電機 (前48)	ボン碍子 (後7)
岩崎通機 (前7)	芝浦電子 (後17)	高砂製作所 (後8)	日湖電子工業 (前38)	マ
	エ	タケダ研 (前36, 37)	日富電業 (後21)	松尾電機 (後24)
在原製作所 (後6)	島貿易 (前26)	千野製作所 (後7)	日本閉器工業 (後10)	松下電器産業 (後3)
永通電気 (後12)	島田理化学工業 (後5)	中央製作所 (前14)	日本抵抗器 (後14)	ミ
エ・ア・ブラウン (前42)	島津製作所 (後23)	中央電機 (前43)	日本電気 (前8)	三菱鉛筆 (後26)
エフコン電気 (前22)	昭和電線 (前2)	中外接点 (後20)	日本電気機材 (後21)	三菱造船 (前54)
	信越化学 (前46)	中立電機 (後11)	日本電気精器 (後9)	三菱電機 (表2)
大泉製作所 (後9)	神鋼電機 (前47)	ト	日本電源機器 (前30)	幹電機 (前41)
大倉電気 (後4)	新光電機 (後17)	戸上電機 (表3)	日本電子測器 (後4)	ム
大阪減速機 (後25)	新元電工業 (前32)	東亜電波工業 (前18)	日本電線 (前5)	村山電機 (後20)
大阪変圧器 (前50)	新日本電気 (前9)	東海高熱 (後18)	日本電波 (前19)	メ
大沖電気 (前11)	スターライト工業 (後18)	東京芝浦電気 (表4)	日本無線 (前53)	明電舎(アート2)
岡谷無線 (後11)	スタンレー電気 (後13)	東京精電 (後22)	日本サーボ (前1)	目黒電波測器 (前28)
オリジン電気 (前17)	精機工業社 (後26)	東京電気精機 (前20)	日本マイクロ (前33)	ヤ
桂川電機 (後25)	整電社 (後19)	東京理工舎 (後16)	モーター (前3)	リ
兼松 (後2)	関商事 (前29)	東洋計器 (前51)	西日本電線 (前6)	理化電機研究所 (前35)
	ソ	東洋通信機 (前40)	阪神動力機械 (後22)	立正電機 (前21)
京三製作所 (後2)	ソニー (後1)	東洋電機 (前15)	日立製作所 (表1)	リニア (後20)
コ罗纳クター (前31)	タ	東陽通商 (前24)	ヒラキ電計機 (前45)	ワ
コロンビア貿易 (前27)	多摩川精機 (前16)	特殊電機工業 (前23)		渡辺電機 (後8)



電 気 学 会

東京都千代田区有楽町一丁目三番地

電話和田倉 (201) {0983 番 振替口座 東京 3168 番
0984

昭和 36 年電気四学会連合大会・講演論文集

本年 4 月開会の昭和 36 年電気四学会連合大会で発行した下記講演論文集は、若干余部があります。御入用の方は品切れにならないうちに御申し越し下さい。(送料は会負担)

合本 I900 円

一般講演 (基礎理論 39 件, 放電物理 88 件, 計測 82 件, 自動制御 61 件, 電気計算機 113 件, 電気材料 140 件, 原子力 23 件)

シンポジウム講演 (プラズマとマイクロ波 3 件, 超高速計算機の諸問題 7 件, 絶縁材料の非破壊試験 4 件)

合本 II900 円

一般講演 (電気機器 179 件, 電気鉄道 34 件, 送配電 196 件, 照明 34 件, 電力応用 19 件)

シンポジウム講演 (電気機器に関する諸問題 7 件, 電気鉄道に関する諸問題 6 件, 短絡容量対策 9 件, テレビジョンに関する照明について 6 件)

一般講演論文分冊

分冊 1. (基礎理論 39 件)..... 70 円

同 7. (原子力 23 件)..... 50 円

同 14. (電磁波・アンテナ 43 件)..... 80 円

同 19. (テレビジョン・電子応用 49 件)..... 90 円

同 20. (電気通信 137 件)..... 220 円

シンポジウム講演予稿分冊.....各 60 円

分冊 S.5 電気鉄道に関する諸問題 6 件

同 S.7 テレビジョンに関する照明について 6 件

同 S.8 固体中の超音波の応用 6 件

同 S.9 カラーテレビジョン受像機 5 件

申込先 東京都千代田区有楽町 1 の 3 電気学会 振替口座東京 3168 番

M.J.O. ストルット博士講演会

スイス、チューリッヒ工科大学教授 M.J.O. ストルット博士が来邦されますので、同博士を煩らわし本会と電気通信学会およびエレクトロニクス協議会が連合して、次の講演会を開催いたします。

東京 日時 6 月 13 日 午後 3～5 時

会場 東大工学部電気工学科

演題 「Experimental Investigation on the Deterioration of European and Japanese Semiconductor Devices During Their Lifetime」(当日予稿配布の予定)

仙台 日時 6 月 10 日 午後 3 時～5 時

会場 東北大学電気通信研究所

演題 未定

大阪 日時 6 月 14 日 午後 3 時～5 時

会場 関電ビル

演題 未定

[来聴歓迎・聴講無料]

電 気 学 会

第 15 回電磁界理論研究専門委員会

(委員長) 伊藤 誠, (幹事) 細野敏夫, 飯島泰蔵 (幹事補佐) 堀内和夫

日 時 6月9日(金) 午後2時

会 場 早稲田大学理工学部9号館2階会議室(東京都新宿区戸塚町)

- 議 題
1. 電磁界解析における S-Matrix の方法.....西田俊夫(近畿大), 雨宮秀吉(生野工高)
 2. 回折問題における幾何光学的取扱い.....大場勇二郎(東工大)

参加費 無料(予稿は当日実費頒布)ただし参加者は電気学会会員に限る

データーロガ講演会

日 時 昭和36年7月1日(土) 午後1時30分

会 場 日本電機工業会講堂(千代田区永田町2の1, 都電・バス溜池下車)

講 演

1. 最近のデーターロガについて(60分).....磯部 孝君(東 大)
2. データーロガの実際(60分).....寺尾 満君(東 大)
3. 発電所におけるデーターロガの活用(60分).....宮原 明雄君(東京電力)

—— 来聴歓迎・入場無料 ——

電気学会東京支部・電気通信学会東京支部

「エレクトロニクスと自動制御」専門講習会予稿残部頒布

電気三学会関西支部において先に開催した「エレクトロニクスと自動制御」に関する専門講習会の予稿に残部がありますので希望者は代金および郵送料を添えてお申し込み下さい。

1. 内容(B5版 活版刷2段組 本文170頁)

第1章 サンプル値制御	京 都 大 学	近 藤 文 治
第2章 自動制御における統計的方法	京 都 大 学	西 原 宏
第3章 論理数学と論理回路	大 阪 大 学	尾 崎 弘
第4章 パルス技術(1)	大 阪 大 学	喜 田 村 善 一
第5章 パルス技術(2)	京 都 大 学	萩 原 宏
第6章 アナログ—デジタル相互変換	大阪市立大学	北 浜 安 夫
第7章 データ処理装置	島津製作所	大 倉 恒 彦
第8章 工作機械の数値制御	三 菱 電 機	馬 場 文 夫
第9章 プロセス計算機制御	大阪市立大学	平 井 平 八 郎

2. 定価 500 円 郵送料 50 円

3. 申込先 大阪市北区堂島中2丁目9 関西電気協会内 電気学会関西支部

電気学会・電気通信学会・照明学会関西支部

第4回自動制御連合講演会 講演募集要項

講演会開催日時 昭和 36 年 11 月 16 日 (木) 17 日 (金) 18 日 (土)

講演会場 神田学士会館 (東京都千代田区神田錦町 3 の 28) の予定

講演申込 1. 主催, 参加学協会所属の会員は当該学協会を通じて申込み, 参加学協会会員以外の方は直接幹事学協会に申込むこと

2. 講演内容は既発表のものでもさしつかえないが, 最近の研究に属するもので, 学術的なものに限ります。

3. 講演時間は約 20 分 (討論を含む) の予定

4. 講演の採択などは講演申込みを受けた学協会に一任せられたい。

5. 申込用紙は随意であるが次の事項を必ず記載すること

- a. 講演題目 b. 梗概約 200 字 c. 講演部門名 d. 講演ならびに連名者各々の氏名, 勤務先, 学協会員資格 (連名の場合は登壇者に〇印をつけること) e. 映画, スライド使用の有無と大きさ

部門: 第 1 部 自動制御理論 第 2 部 自動制御要素 第 3 部 自動制御の各種工業への応用

講演申込締切期日 7 月 20 日 (所属学協会必着)

講演前刷 講演者のテキストとし, あわせて講演時間の短縮, 構図などの節約を図るため講演者全部の講演前刷を作ります。講演者は前刷原稿を必ず期日までに直接日本計測学会へ提出されたい。

- a. 講演前刷原稿提出期日 9 月 30 日
b. 前刷原稿は規定の原稿用紙 2 枚以内 (図表, 写真を含めて邦文にて約 2,600 字に) 明瞭に墨書して下さい。なるべく余白をさけるよう留意して下さい。
c. 前刷原稿の書き方の詳細は幹事学協会から講演申込者に送付いたします。
d. 講演前刷はオフセット印刷になりますから写真も入られます。原稿用紙は講演申込者に幹事学協会から送付します。所定用紙以外の用紙に書いた原稿は受け付けません。

主催学協会 自動制御研究会ほか 5 学協会

参加学協会 応用物理学会, 電気学会外ほか 4 学協会

幹事学協会

1. 自動制御研究会 (千葉市弥生町 1, 東京大学生産技術研究所内)
日本計測学会 (東京都板橋区板橋町 6 の 3569, 中央計量検定所内)
日本自動制御協会 (京都市左京区山端一丁目 1, 京都大学工学研究所修学院分室内)

電気学会・技術報告 第 45 号

B5 判 44 ページ 定価 70 円 (送料 10 円)

誘導に関する量記号.....誘導機専門委員会報告
工業用および医療用粒子加速装置.....粒子加速装置専門委員会報告
絶縁物の耐コロナ性 (コロナの量的測定)放電専門委員会報告

(既刊目録は, お申し越し次第進呈します)

東京都千代田区有楽町 1 の 3 電 気 学 会 振替口座 東京 3168 番

UDC 378.01 (73)

アメリカの大学における教育制度と研究活動*

寄 書

36-3

正 員 武 田 進†

1. 緒 言

最近では毎年海外視察旅行をする人がおびただしい数に上り、その帰朝談も多数聞かれておられることと思う。しかし視察談というものはかなり主観を伴ない、同じものを見て受ける印象は人によりかなり違っており、したがって私なりに滞米中聞知したことを聞いていただくことも参考にはしないかと思う。

2. 教 育 制 度

私の出張命令書には研究以外に電気工学の教育制度の視察となっており、両者が目的なので機会あるごとに教育についても関心を払ってきた。

アメリカの大学の教育制度については日本で新制度開始の前後よく調査されたはずだが、アメリカという国は教育制度に限らず一律でないことにまず注意しなければならない。日本の文部省のように強力に統制する機関がないので、個々の大学の自由にかかされている面がかなりある。だから一つの大学の皮相的制度というものがそれほど参考になるとは思われず、それより教育制度の底を流れる一貫した思想といったものが参考になるので、単位の計算や資格試験、学科目内容などはここでは述べない。

この思想というものはあくまでアメリカの社会に適合してもっとも役立つ人間を教育しようということである。もちろんすべての教授が具体的に考えているわけではないが、主任教授など政治的地位にある人は講義内容の検討など改善することに努力しているようである。そして大局的にいって大学は基礎的な広い専門的教養を身につけるように教育するのが根本方針となっている。これに対していろいろの批判もあり、特にスプートニク以来、ソ連に対する関心が強まり、ちょうど日本人が欧米諸国を視察するようにソ連の大学教育制度の視察談がかなりある。ソ連は大ざっぱにいうとアメリカとは対照的で、はるかに深い知識の専門家を養成するらしく、工学部も細かく分科しているとのことである。これはソ連の国情に適すると、彼らが考えて

やっていることでアメリカ人はそのまま真似も批判もしないが、他国の制度にも関心をもって自分の国の事情に適するよう心掛けているわけで、こうした態度は日本でもとり入れるべきで、アメリカだけでなく多くの先進国の制度とその国情を調査研究することが必要であろう。また、アメリカの大学院は専門分野の研究能力だけでなく多少違った分野にはいっても研究者として立ててゆけることを目標とし、私のいた大学では電気大学院で物理の講義を一二、必修課目にするなど、基礎に力を入れている。それからその電気工学科では今日、日本流にいうと強電の講義は皆無で全部エレクトロニクスだけとなっている。これはアメリカでは国防産業として電子工学のしめる役割が大変大きく、日本の実情とは少し異なるであろうが、将来の方向を指示するものであろう。

一体に学生側から見た講義時間は大変少なく、1週20時間以内、大学院は9時間以内で自分の学習を重んずる方針である。教官側から見ると講義時間は割合に多く1週3〜9時間ぐらいで、教官は研究専門と教育専門、ならびに両者をやっている人に分け、教育専門の人は1週9〜12時間も持つ状態である。ここで教育というのは教室での講義の意味であり、研究とは大学院学生に論文を書かせる仕事ですからこれも広い意味ではもちろん教育になる。

3. 研 究 費

有能な教授は委託研究 (Contract といっている) を頼まれても応じ切れないうらいであるからこういう人達は必要なだけの額は入手できているようである。また個人の信用を重んずるから成果について自信のないものは引受けない。ほとんどが陸海空軍、AEC などよりの委託研究で教室予算で研究に使えるのは僅少である。研究費の1/3は大学予算にとられ、だいたい1/3が人件費、1/3が物件費で、研究だけの教授はその俸給の全額を、また2/3は研究、1/3は教育の人ならば前者の分だけは研究費より支払われるという制度をこの大学はとっていた。すべての大学がこの制度とは限らないが、日本流に言えば科研より給料を貰っているようなもので、教授が一生懸命になるのも無理もないことだと思った。

* 昭和35年10月7日冷陰極放電管研究会にて講演したものを骨子として編集委員の要請により加筆。

† 名古屋大学工学部教授、アメリカ・ノイ大学電気工学科気体電子工学研究室にて約3年間研究に従事、35年8月帰朝。

4. 人 事 交 流

大学同志で相当交流があり、若い人は2, 3年で職場や研究内容などを変える習慣があるので、短期契約の雇用でもなんら不安はない。他の大学に移りたいときは先生の推薦状を付けて自分で直接申し込む簡単な方法をとっており、学生の就職でも同じで、先生は推薦状を書く以外の世話はしない。新学年には多くの新任者があり、各研究室もマンネリズムに落ち入るのを防いでいるが、また大学の名前により研究費の大小、格付けが決まるのではなく、有能な教授の数により決まるからあくまで人材本位で、主任教授は優秀な人を迎えるのに一生懸命である。戦後の州立大学は新しい新興大学で発展途上にあり、名門の有名私立大学に接近、またはしのぎを削る。さらに、すべての教官が研究しているわけではないが、有能な研究者は民間会社より高給で引き抜かれるから有利で、ことに第一線の仕事をしている研究指導能力のある人は株が高く、学内でも若くて正教授になっているのはこのような人に限られる。民間会社とも交流があるといっても、教育だけをしている人とか、会社で現場の技術者には機会が少ないわけである。

5. 俸 給

大学の俸給が一般の会社と比較して安いのは日本と同じで、ときにはそれ以上の差がある。会社なら学部卒で年俸（すべて税込み、税金は15~30%ぐらい）5,000~6,000、マスタ卒7,000~8,000、ドクタ卒1,000~12,000ドルに対し、一例にすぎないが、この大学の電気科の助教授（日本の講師級）7,000ドル以上、準教授（日本の助教授級）8,500ドル以上、正教授（日本の教授級）10,000ドル以上、主任教授18,000ドルぐらい、20,000ドルをこえる人はまれという話であった。このように大学の先生の俸給は相対的に安いのが、能力があり、希望すればいつでも会社へ出てゆけるから大して不満は無いわけである。

6. 大学 の 使 命

教育と研究が大学の使命であるのは、日本でも海外でも1人で全部やるとは限らず全職員で協力し、その他にPublic serviceというのがあり、これに日本の大学にはないことで、大学は絶えず公衆の福祉を考えているわけで、具体的には年1度の学内開放で、工学部は工業博物館の役割をして民衆にいろいろの機械を公開説明し、若い先生らが高校生達の質問に答え、入学案内の相談にのったりしている。象牙の塔とは縁遠

いもので、そのほか大学のPR運動も盛んである。

7. 自 由 競 争

内定人には高得点で半分以上の成績ならば入試無しで入学できるが、中で淘汰されて1/4が学部を卒業し、その上位1/3が大学院にはいるので、ここまでくると高校生の1/24にしか残られており、さらにドクタのとれる人はかなり減る。何度も競争試験を突破しなければならぬ。日本のように難関の入試や一度の就職試験で、あとはある程度立身出世が保証されるというようなわけにはゆかない。どちらが苦しいかは一概にはいえないが、アメリカのほうが合理的ではないかと思われる。大学院学生の勉強ぶりも日本人留学生らの驚きであるが、5年ぐらいの短期間だから続くという人もある。ドクタを取った後も研究の上で、教授はよい研究者や学生を集めて研究指導する面で、また主任教授もよい人材を集めることで、各人ともに自由競争は激しさをきわめる。有能で努力した人には必ずよい道が開け、やり甲斐のあるわけで、この制度がアメリカ経済力、工業力の源泉となっているのであろう。

8. 研 究 の 集 中

核融合の研究のような大規模のものはプリンストン大学、加州大学の研究所以外普通の大学ではやっていない。こういう規模の大きいものは何箇所かに集中してやり、これをやりたい人はここに集まることができるからである。

一般の教授は大学の運営にはほとんど参加しないから教育が研究に精神を集中することができ、一般に研究指導者の平均年令が日本より高いように見受けた。

9. 学 会

アメリカ内科学会と1959年スウェーデンのオプーラで開かれた放電の国際学会に出席したが、講演会の様子、質問などは日本の学会と大同小異で、異なると思ったのは個人的接触が盛んで、人に会うのも大きな目的で、ホテルの廊下やロビーで盛んに討論している。この辺の様子は日本より熱心のようにうかがえた。

他の大学の研究室を訪れて見学することも盛んで、また受入の心もちも盛んでいろいろと説明した。討論したりして、互になにか得ようと思心掛けている。それから非公式の研究報告が並びだしく出ており、同好者に配布されて逐報の役割を果たしている。

ここに述べたことと思うこともあるが、つごうで割愛する。

UDC 621.315.615.011.22: 537.312.5

光電効果による液体絶縁物中の電気伝導*

資料・論文

36-53

正員 丁 炳 雲† 正員 犬 石 嘉 雄††

1. 緒 言

液体絶縁物中の電気伝導および絶縁破壊の現象に関しては、従来から多くの研究者によって取り上げられてきたが、この問題は液体絶縁物の高圧工学における重要性からいっても、また新しいすぐれた液体絶縁材料の開発という工学的見地からいっても、はなはだ重要な問題であるばかりでなく、物理的にも大いに興味ある問題である。特に最近の研究においては、試料液体の精製、電極の脱ガスなど二次的因子をできるだけ除去し、さらに印加電圧も方形波パルス電圧を用いることによって、絶縁破壊現象の本質的な機構を解明するために多大の努力が払われ、いわゆる真正絶縁耐力 (Intrinsic electric strength) が求められるようになり、これに基づいて Macfadyen 氏⁽¹⁾ が液体中での電子による衝突電離の過程を基幹とした絶縁破壊理論を提出している。

しかしながら物性論的にいって液体はその構造上、固体ほど規則的な結晶構造をもたないし、気体ほど無秩序でないため、理論的な取り扱いもなかなか複雑でいまだつまづきかねない点もあり、気体、固体などでかなり明らかにされた衝突電離機構そのものにしても、衝突電離係数を定めるまでにはいたっていない。さらにまた、これらの現象に直接関与する誘電液体中の電子や正、負イオンなどのふるまいについても、これまでに直接測定されたものははなはだ少ない。⁽²⁾ すなわち、従来まで液体中でのイオンや電子などの運動の基本的な物理量である移動度の測定に関しては、Adamezowski 氏,⁽³⁾ Williams 氏,⁽⁴⁾ 佐藤、長尾および鳥山氏,⁽⁵⁾ LeBlanc 氏⁽⁶⁾ の測定結果が報告されているが、これらはいずれも比較的低電界における値であって、絶縁破壊近くの高電界以上における値は、Crowe 氏が n -ヘキサンの絶縁破壊の時間遅れから算出した電子移動度 $9.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ⁽⁷⁾ ぐらいのものがあるにすぎない。これら荷電体の移動度の大きさおよび温度、液体の種類への依存性などは、液体絶縁物中の電気伝導

の機構の解明、空間電荷の解析的取り扱い、絶縁破壊の時間遅れの解釈などに、はなはだ重要な役割を果たすものであり、したがって絶縁破壊の現象を解明してゆくうえに有力な手がかりを与えるものと思われる。

筆者らはこれらの点に関して、特に比較的性質のよくわかっている液体絶縁物の高電界電気伝導から絶縁破壊にいたる間の現象を明らかにする目的で、二三の実験を行ってきた。⁽⁸⁾ すなわち、液体絶縁物中に配置した陰極より外部光電効果によってパルスの光電子を放出させ、それらの直流電界下におけるふるまいについて調べて移動度を求めるとともに、高電界における液体絶縁物中での電流増倍機構、いわゆる α 機構の有無に関しても定性的に検討した。液体絶縁物の絶縁破壊については、高電界における電子の衝突電離係数を定量的に電界の関数として求めることが一つの中心課題と考えられるが、これについては、本論文の研究方法を推進して目下実験をすすめてつづめるので次の機会に報告したいと思う。

2. 実験方法および装置

(2.1) 測定方法の原理 第1図の測定装置に示しているように空気放電ギャップからの紫外線パルスによって、液体中に配置したよくみがかれたマグネシウム陰極より光電子を放出させると、これらはあらかじめ加えてある直流電界によって陽極側へ掃引され、プ

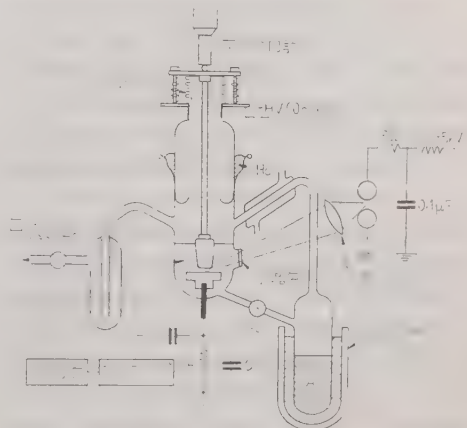


図1 実験装置

* Induced Conductivity by Photo-Injected Electrons in Liquid Dielectrics. By B. CHONG, Member & Y. INUISHI, Member (Faculty of Engineering, Osaka University).

† 大阪大学工学部、大学院学生

†† 大阪大学工学部助教授、電気物性担当

レアンブの入力側の漂遊容量 C 上に電荷 $Q(t)$ を誘起する。この場合、入力側の時定数 CR を放出された光電子による荷電体の電極間走行時間 τ より充分大きく、かつ紫外線パルスの幅を τ に比較して充分小さくするようにしておけば、シンクロスコープ上で観測される電荷波形 $Q(t)$ は紫外線パルス照射後の時間 t の関数として次のように表わすことができる。すなわち

$$CR \gg d/\mu E \dots\dots\dots 1$$

の条件を満足するときは、

$$Q(t) = (n_0 e/d) \mu E t \quad (d/\mu E \geq t \geq 0) \dots\dots (2)$$

$$Q(t) = n_0 e \quad (t \geq d/\mu E) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 d ：電極間距離、 μ ：荷電体の移動度、 E ：印加直流電界強度、 n_0 ：紫外線パルスによって陰極から放出される光電子数、 e ：電子の電荷量

第2図は上述の電荷量 $Q(t)$ 、すなわち増幅器入力電圧シグナルの時間変化を表わしたものである。したがってこのような電荷波形の屈折点より荷電体の電極間走行時間 τ が決まり、さらにそれらの移動度 μ が

第2図 理論的な電荷波形

(1) 式を用いて d を既知として求められる。

(2.2) 測定装置および試料 陰極より光電子を放出させる紫外線パルスとしては(2.1)節で述べたように、その幅を荷電体の電極間走行時間に比較して充分短くしておく必要があるので、第1図に示しているように容量 $0.1 \mu\text{F}$ のコンデンサを約 5 kV に充電して、これを球ギャップを通じて放電させることにより、幅約 $4 \mu\text{s}$ の光パルスを発生させた。このとき他の紫外線灯で球ギャップを照射することによって、球ギャップの放電の不整をなくし放出光電子数が一定になるようにした。この紫外線を含んだ光パルスを水晶レンズおよび水晶窓を通してマグネシウム陰極の中央部に集束させて、できるだけ光線の広がりやを少なくすることにより、第2図に示した荷電体の電極間走行時間を与える屈折点が明りょうに現われるようにした。

測定容器については、最近の液体絶縁物の電気伝導および絶縁破壊の研究にほとんどの場合用いられている方式⁽⁹⁾をとり、減圧密閉のままでくり返し蒸留、実験を行いうるものとした。すなわち第1図のAの部分に後述の充分清浄にした試料を入れて、この部分をドライアイス+メチルアルコールの寒剤で冷却する

とともに、測定容器全体をロータリポンプで充分排気した後コック C_1 で外部としゃ断する。次にAの部分の冷却を中止してBの部分で冷却すると試料は徐々にAからBに蒸留されてゆく。測定を終えた試料は再びコック C_2 を通じてAの部分へきどして、同じ操作を行えるようにしている。第3図は測定容器の写真を示したものである。

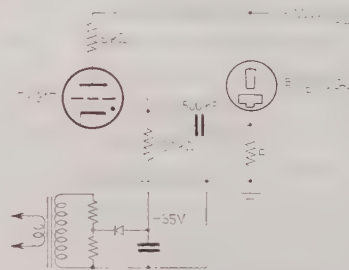


A, B は第1図のA, Bに対応している。矢印は紫外線パルス入射用の水晶窓

第3図 測定容器

試料としては、 n -ヘキサン、ベンゼンなどを用い、さらにこれらにエチルアルコール、シリコンオイル〔東芝TS 951(10)〕などを混入したものを用いた。一般に液体絶縁物の電気伝導および絶縁破壊は、不純物の存在によって非常にその様相を異にするので、特に試料 n -ヘキサンについては次のような精製操作を行って清浄にした。すなわち市販の n -ヘキサンをまず濃硫酸で着色しなくなるまで数回洗浄して硫酸その他の不純物を除去し、これを5%苛性ソーダ溶液中で中和してから数回蒸留水で洗浄した。次にこれを塩化カルシウムで脱水した後、精密蒸留にかけて分留し、さらに金属ナトリウムで充分脱水乾燥させた。

電極は比較的事務関数が低く、光電子放出の容易なマグネシウム($\phi=3.6 \text{ eV}$)を陰極とし、陽極は直径3 mmの円柱状の黄銅の端部を丸めたものを使用し、これらを充分研摩して試料と同一液体で洗浄した。なお、いわゆる電極のConditioningについては、第4図に示すダイバータ回路⁽¹⁰⁾を用いて、容器に試料を満たしてから電極間に弱い予備放電を行わせて電極の脱ガスおよび微視的な突出点の除去を行っている。この回路の動作は絶縁破壊時の電流によって、抵抗 R 上に生ずる正のパルス電圧をサイタロン TY 917 の格



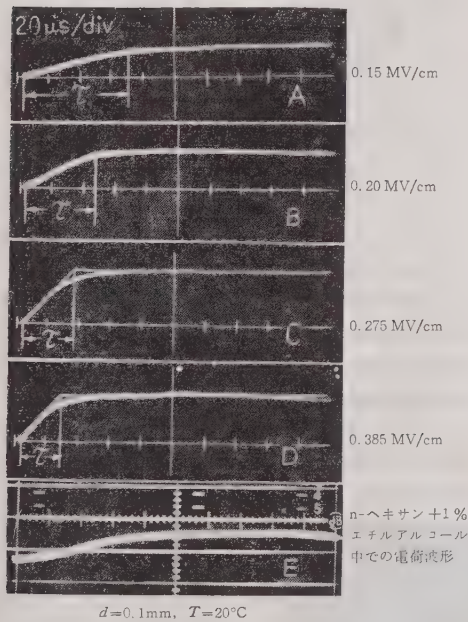
第4図 ダイバータ回路

子に加えることによってこれを導通状態にし、印加直
流電源をサイクロンを通じて短絡させ、測定容器中
を流れる電流をバイパスさせるものである。この回路
はこのような Conditioning に使用されるだけではなくて、
直流電気伝導を測定する場合にも同様の動作原
理によって、絶縁破壊時の大電流による電極および試
料の過度の損傷を防止する上にも役立つものである。

なお、電極ギャップは試料容器の上部に取り付けた
伸縮自在の黄銅製ペローとマイクロメータにより、約
1/100 mm の精度で調節を行った。

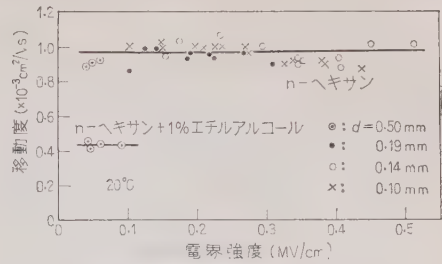
3. 実験結果および考察

(3・1) 移動度の電界依存性 まず n ヘキサンを
試料として、シンクロスコープ上で観測された光電子
による液体中の荷電体の電荷波形的数例を第5図に示



第5図 n-ヘキサン中での電荷波形

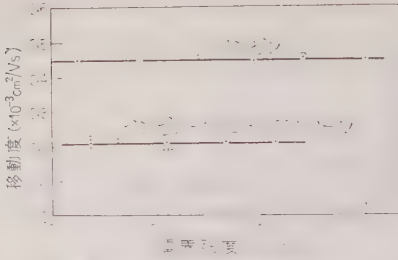
す。これらは最初直線的に増大しているが、理論的に
求めた第2図の波形ほど、明らかな屈折点が現われ
ていない。これは (2・2) 節で述べたように、照射パ
ルス紫外線が陰極の中央部だけ照射するように充分集
束されていないで、ある程度の広がりを持っている
(約半径 2 mm) ため電極端部の影響が現われている
ことと、放出された光電子の Back diffusion⁽¹¹⁾ に起因
するものと考えられる。また電荷波形的の立上りのこ
う配が一定であることから、n-ヘキサン中に注入さ
れた光電子による荷電体の移動速度が電極間にわたっ



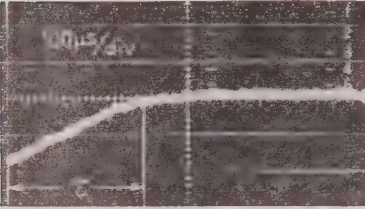
第6図 n-ヘキサン中での移動度

て一定であることがわかる。第5図 A~D は電極ギ
ャップ 0.1 mm で印加直流電圧を次第に増加させた
ときの入力信号波形で、電極間走行時間 τ が印加
電界に逆比例して減少しているのが認められる。この
 τ が実際に荷電体の電極間走行時間を表すものであ
ることは、さらに種々の電極ギャップについて求めた
 τ が、一定電界のもとでは電極ギャップに比例して増
大することからも確かめられた。第6図は種々の電極
ギャップ d および印加電界強度 E における τ の実測
値より移動度 μ を算出したものを示す。第6図より明
らかなように、ここで求めた移動度は電界が 0.5 MV/
cm ぐらいまではほぼ一定の値 $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (20°C)
をとり、一部の人が⁽⁶⁾が予測したような電界依存性をほ
とんど示していないことは注目すべきである。この値
は LeBlanc 氏によって、n-ヘキサンについて低電界
($< 2 \text{ kV}$) で得られた電子移動度 $1.4 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (27
°C)⁽⁶⁾ とほぼ一致する。この移動度の大きさおよび以
下に述べる議論から、われわれが求めた移動度は陰極
から放出された光電子がなんらかの機構によって、液
体分子に付着することによって生じた負イオンによる
ものと思われる。たとえば、これまでに液体中で測定
された自由電子の移動度としては、液体アルゴン中で
Malkin, Shultz 氏⁽¹²⁾、Williams 氏⁽⁴⁾ は 0.1 MV/
cm の電界強度で約 $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の値を得ており、かつ
その電界依存性も一応気体運動論より説明がつくよう
である。もし筆者らがここで求めた移動度を液体中で
の全く自由な電子の移動度として説明しようとする
と、(i) n-ヘキサンの衝突断面積を $100 \sim 1,000$ 倍に
もたらなければならない、(ii) 電界とともに移動度が
減少しなければならない、⁽¹²⁾ (iii) 移動度が温度とと
もに増す。といった困難にぶつかる。したがってここ
で求められた移動度は負イオンの移動度と考えるか、
あるいはなんらかの減速過程を受けている電子の移動
度⁽¹³⁾ と考えるのが妥当である。

第7図は同様にして求めたベンゼン中の荷電体の移
動度であって、約 $0.45 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (20°C) の値が得



第 7 図 ベンゼン中での移動度



$T=27^{\circ}\text{C}$, $d=2\text{mm}$, $V=2,000\text{V}$, $\tau=390\mu\text{s}$,
 $\mu=0.5\times 10^{-3}\text{cm}^2/\text{Vs}$

第 8 図 ベンゼン中での電荷波形

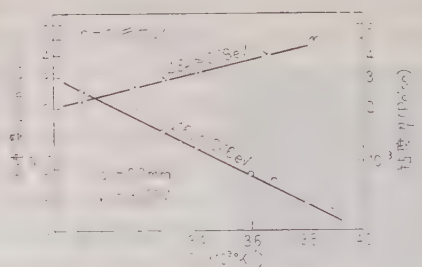
第 1 表 n-ヘキサン、ベンゼンでの移動度と粘度の温度依存性

	n-ヘキサン	ベンゼン
移動度 $\mu(\text{cm}^2/\text{Vs})$	1.0×10^{-3}	0.45×10^{-3}
粘度 $\eta(\text{poise})$	3.2×10^{-3}	6.5×10^{-3}

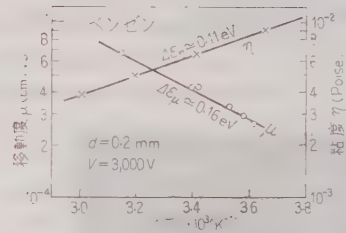
られた。第 8 図にベンゼンでの電荷波形の一例を示している。n-ヘキサンおよびベンゼン中での移動度の大きさを一応それぞれの粘度と比較してみると、第 1 表のように移動度と粘度がほぼ逆比例していることが認められた。このことは、これらの移動度が負イオンの移動度に関係しているものであることを暗示する。

なお、不純物の効果を調べるために n-ヘキサン、ベンゼンに有極性のエチルアルコールを 1% 混入した場合は、第 5 図 E で示しているように電荷波形の屈折点が明りょうでなくなるとともに、n-ヘキサン、ベンゼンのいずれの場合も移動度が約 1/2 に減少した。(第 6 図および第 7 図)これらの電荷波形のなまりの生ずるのは、不純物の混入によってイオン伝導が増し空間電荷を形成し内部の電界分布が一様でなくなり、したがって移動速度が電極間の場所によって異なってくるためであると思われる。

(3.2) 移動度の温度依存性 n-ヘキサン、ベンゼン中に陰極より注入した光電子は (3.1) 節の移動度の電界依存性だけからでは、それらが電子として電気伝導にあずかっているのか、あるいは液体分子に付着して負イオンとなって運動しているのか断定しにくい。



第 9 図 n-ヘキサン中での移動度と粘度の温度依存性



第 10 図 ベンゼン中での移動度と粘度の温度依存性

そこでこれらの移動度と粘度との関係について調べ、いわゆるイオン移動度に対するストークスの法則が成立するか否かを調べてみた。第 9 図および第 10 図は n-ヘキサンおよびベンゼン中での移動度と、粘度の温度依存性を示したものである。粘度は、オストワルド粘度計で測定した各温度での流下時間から 20°C における粘度の絶対値 $3.2\times 10^{-3}\text{poise}$ (n-ヘキサン) および $6.5\times 10^{-3}\text{poise}$ (ベンゼン)⁽¹⁴⁾を用いて算出したものである。第 9 図および第 10 図より、移動度および粘度の対数はいずれも $1/T$ に対して直線的に変化しているため、それぞれの温度依存性に対して次式が成立するとしてよい。すなわち

$$\mu = \mu_0 \exp(-\Delta E_\mu/kT) \dots\dots\dots (4)$$

および

$$\eta = \eta_0 \exp(-\Delta E_\eta/kT) \dots\dots\dots (5)$$

ここに ΔE_μ および ΔE_η とそれぞれ移動度および粘度の活性化エネルギーともいうべきものである。第 2 表に示すように、n-ヘキサン、ベンゼンのいずれに対しても ΔE_μ と ΔE_η との間にはかなりの相違がある。一般にイオン移動度に対するストークス形の理論式とし

$$\mu \propto \eta^{-n} \dots\dots\dots (6)$$

をとると、この n の値すなわち $\Delta E_\mu/\Delta E_\eta$ は n-ヘキサンでは 2.0、ベンゼンでは 1.5 となる。この値をとらない。このように移動度および粘度の温度依存性、特

第 2 表 n-ヘキサン, ベンゼン中の移動度と
粘度の活性化エネルギー

活性化エネルギー	n-ヘキサン	ベンゼン
ΔE_{μ} (eV)	0.16	0.16
ΔE_{η} (eV)	0.08	0.11
n ($\mu\text{cm}^2/\text{Vs}$)	2.0	1.5

にそれらの活性化エネルギーの間には差異があるけれども、このことだけから LeBlanc 氏⁽⁶⁾ のように、光電子が電子として電気伝導にあずかっていると断定することはやや早計にすぎるものと思われる。すなわちいわば巨視的な関係である μ と η の比例性が液体中のイオンに対して満たされないことは Lewis 氏⁽²⁾ によってもまとめられているように、すでに多数の報告があり、(6) 式の $n=1.5$ とされている。さらに微視的に考えると、各分子の移動の際に断ち切るべき結合の数が層流的な粘性流の場合と、単独のイオンが動く場合で異なり、したがって二つの活性化エネルギー ΔE_{μ} , ΔE_{η} が異なっても不合理ではないように思われる。いずれにしても、ここで求められた移動度が $10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 程度の値をとり、かつ相当高電界まで電界依存性がないことから判断して、現在のところ次の二つの可能性があると考えてよいようである。

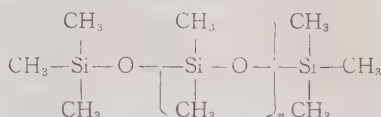
(i) 液体中へ注入された光電子が液体分子に付着して負イオンを形成し、負イオンとして電気伝導にあずかる。この場合は n-ヘキサンのパルス電圧による絶縁破壊の時間遅れから Crowe 氏が求めた電子移動度 $9.1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ($E \approx 1.5 \text{ MV}/\text{cm}$)⁽⁷⁾ を考慮すると、本実験の電界強度をさらに上げてゆけば、ある電界強度以上では Detachment が生じて自由電子として電気伝導にあずかってくるものと思われる。

(ii) 電子として電気伝導にあずかる。この場合は Malkin, Shultz 氏⁽¹²⁾ および Williams 氏⁽⁴⁾ の液体アルゴン中でのほとんど自由な電子としての電子移動度 ($10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$) と比較して、n-ヘキサン、ベンゼン中での電子に対しては、その移動度を減少させるなんらかの機構を付加しなければわれわれの実験結果を説明することができない。

この機構の一つとして固体中で認められているポーラロ

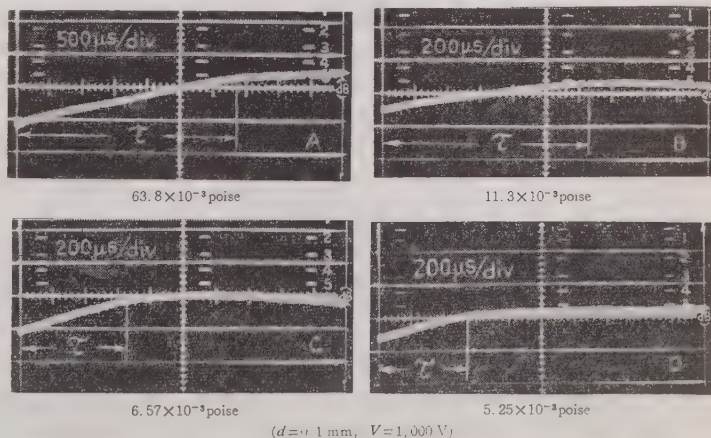
ンのモデルが考えられる。すなわち液体中で電子が周囲の液体分子にダイポールを誘起し、このダイポールによる電界に電子が自分でトラップされるため、その移動度が減少するものであると考えられる。⁽¹⁵⁾ このような液体中の一種のポーラロンの問題は、最近液体アンモニアの異常な電子伝導と関連して物性論のほうで注目されている。⁽¹³⁾

(3・3) 粘度と移動度 注入光電子による荷電体の移動度が、液体の粘性と関連づけられるものかどうかをさらに調べるために、かなり粘度の高いシリコンオイルとこれに適量の n-ヘキサンを混合させ、その粘度を比較的広範囲に変化させて同様の測定を行った。ここに使用したシリコンオイルは東芝製の TS 951 (10 で、



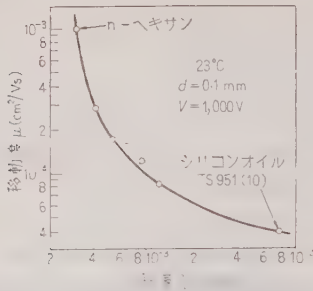
上記の化学式をもつ連鎖状分子であり、平均分子量は 1,200、30°C における粘度は約 10 センチストークスである。もちろん n-ヘキサンおよびシリコンオイルの混合物は、それぞれの分子量も大きく異なり、分子半径もかなり相違があるので、測定結果は一概に粘度変化だけによって決まるとは断定できないけれども、一応粘度に対して移動度がどのように変化するかという目安を与えるものと考えられる。

n-ヘキサンとシリコンオイルとを種々の混合比にして粘度を変化させた場合に観測された電荷波形の例を第 11 図に示している。ただし第 11 図 (A) はシリコンオイルだけの場合である。これらより粘度と移動度

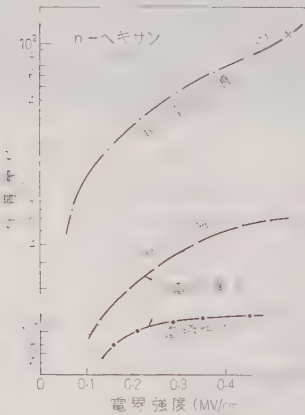


($d=1 \text{ mm}$, $V=1,000 \text{ V}$)

第 11 図 n-ヘキサン+シリコンオイル中での電荷波形



第 12 図 n-ヘキサン+シリコンオイル
中の移動度と粘度との関係



第 13 図 注入光電子による電気伝導

との関係を求めてみると、第 12 図に示しているように粘度 η の増加とともに移動度 μ の大きさも減少しているが、これら兩者の間には、いわゆるストークス形の $\mu\eta^{-1}$ なる関係が成立していない。

(3.4) 注入光電子による誘起電荷量と電荷増倍

液体中へ注入された陰極からの光電子、またはこれらが液体分子へ付着することにより生じた負イオンの移動度に関する測定と同時に、第 2 図に示したような電荷波形の最大値（飽和値）の大きさより、注入光電子による電気伝導および電荷増倍の有無が調べられる。n-ヘキサンにおける最大誘起電荷量を直流電気伝導の結果とともに第 13 図に示してある。第 13 図 (b) はダイバータによる電極の Conditioning を行わなかった場合の結果で、注入光電子による最大誘起電荷量は電界とともに増大している。ところがダイバータによって電極の Conditioning を行くと、第 13 図 (a) のように最大誘起電荷量は Conditioning を行わなかった (b) と比較して、その大きさが減少するだけでなく電界依存性もほとんどなく、0.5 MV/cm 以下の電界

ではほぼ一定であった。このことから電極、特に陰極表面の吸蔵ガスの衝突電離が第 13 図 (b) のように最大誘起電荷量を増大させている主要原因であると考えられる。⁽¹⁶⁾ また第 13 図 (c) から考えて、いわゆる液体中での衝突電離による電荷の増倍は、この実験の電界範囲 (0.5 MV/cm 以下) においては存在しないようであり、さらに高電界になって初めて現われるものと期待される。このように液体中で衝突電離による荷電体の増倍が 0.5 MV/cm 以下で起らないことは、第 5 図 A~D に示す電荷波形が時間とともに直線的に増大して、決して上方に凹となる形を示さなかったことによっても支持される。さらにこのことは、最近 Sharbaugh, Watson 氏らが n-ヘキサンのパルス電圧による電気伝導測定の結果、1.2 MV/cm ぐらいの電界強度までは電極ギャップによる電流の増大が認められず、したがって α 機構が存在しないという結論⁽¹⁷⁾ とも一致する。いずれにしても絶縁破壊直前の高電界になると電子的な機構が電気伝導に関与してくることは直流電気伝導の諸実験⁽¹⁰⁾⁽¹⁷⁾ などからも明らかであるから、さらに高電界における測定を進めてみる必要がある。

4. 結 言

光電効果による光電子を液体中に注入し、それらの直流電界下における移動度と、誘起電気伝導に関する本実験で得られた主要な結果を要約すれば次のとおりである。

(1) 液体中へ注入された電子は、いわゆる気体運動論にしたがう自由電子として電極間を走行するのではなく、液体分子への付着によって生じた負イオン、または固体中のポーラロンのような自己トラップ状態の電子として運動するものと思われる。

(2) 液体中への注入光電子による荷電体の移動度は 20°C において、n-ヘキサン中では $1.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 、ベンゼン中では $0.45 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ で、0.5 MV/cm 以下の電界では電界依存性がない。またアルコールなどの少量の不純物の添加によって移動度は低下する。

(3) 移動度の温度に対する活性化エネルギーは、n-ヘキサン、ベンゼンのいずれにおいても約 0.16 eV であり、それぞれの粘度の活性化エネルギーとは一致しない。

(4) 液体中でのいわゆる衝突電離による電流増倍は、充分脱ガス処理を行った電極、試料では 0.5 MV/cm 以下の電界強度では存在しない。陰極の吸蔵ガスは液体の電気伝導測定において電流増大の主要原因を

なしている。

以上、液体絶縁物中への注入光電子のふるまいから液体絶縁物の電気伝導に関して得られた結果を述べたが、さらに高電界における現象を明らかにして、高電界電気伝導と絶縁破壊との関連を調べてゆくことは今後の問題である。

終りに本実験を行うにあたり、ご指導ごべんたつをいただいた本学吹田徳雄教授に深く感謝の意を表明する。(昭和 35 年 9 月 29 日受付)

文 献

- (1) K. A. Macfadyen: Brit. J. appl. Phys. **6**, 1 (1955)
- (2) T. J. Lewis: Progress in Dielectrics **I**, 105 (1959)
- (3) J. Adamezewski: Ann. Phys. **8**, 309 (1937); Acta Physica

- Polonica **6**, 432 (1937)
- (4) R. L. Williams: Canad. J. Phys. **35**, 134 (1957)
- (5) T. Sato, S. Nagao & Y. Toriyama: Brit. J. appl. Phys. **7**, 297 (1956)
- (6) H. LeBlanc: J. Chem. Phys. **30**, 1443 (1959)
- (7) R. H. Crowe: J. appl. Phys. **27**, 156 (1956)
- (8) 丁・杉本・犬石: 昭 35 連大 119
- (9) たとえば W. D. Edwards: Canad. J. Phys. **29**, 310 (1951)
- (10) H. House: Proc. Phys. Soc. **B 70**, 913 (1957)
- (11) L. B. Loeb: Basic Processes of Gaseous Electronics. p. 204 (1955)
- (12) M. S. Malkin & H. L. Shultz: Phys. Rev. **83**, 1051 (1951)
- (13) 黒沢: Baturi **15**, 435 (1960)
- (14) 芝: 物理常数表 p. 75 (昭 19)
- (15) A. von Hippel: Trans. Faraday Soc. **42 A**, 78 (1946)
- (16) 放電ハンドブック p. 442 (昭 33) 電気学会編
- (17) W. B. Green: J. appl. Phys. **26**, 1257 (1955)

求 人 ・ 求 職

本欄に掲載を希望される会員は下記申込記載事項を記入し、料金(求人・求職とも 1 件 500 円)を添えて学会事務宛にお申し出下さい。申込み締切は毎月 20 日で翌月号に掲載します。

なお「求人」申込に対しては、所轄の公共職業安定所に職業安定法第 35 条但書の規定による「事前通報」を提出し「事前通報処理済書」の交付を受けて添付して下さい。

求人欄申込記載事項 1. 職種(詳細に) 2. 学歴 3. 年令 4. 勤務地 5. 勤務地外に居住する応募者に対する事項 6. 給与 7. 選考地(旅費等支給の有無) 8. 締切年月日 9. 連絡先 10. その他必要事項 11. 会社名

求職欄申込記載事項 1. 氏名(生年月日) 2. 住所 3. 学歴 4. 職歴(詳細に) 5. 希望職種(詳細に) 6. 希望勤務地 7. その他

本欄は紙面を有料で提供するだけで、掲載事項に関する照会・仲介・あっせん等は本会ではいっさい致しませんから、求人・求職とも直接交渉願います。

求 人

1. 職種: 技術者(電気, 機械設計および製作) ノーヒューズ遮断器の設計製作, 2. 学歴: 工高, 高専, 大学卒または同等以上の学力者, 3. 年令: 18~40 才位, 4. 勤務地: 本社工場, 5. 勤務地外に居住する応募者に対する事項: 書類を本社宛送付すれば連絡する, 6. 給与: 経験年令に応じて決定(10,000~40,000 円位), 7. 選考地: 本社・旅費支給, 8. 締切年月日: 特になし定員決定次第締切(早目に送付を希望), 9. 連絡先: 朝日電機工業株式会社[東京都目黒区唐ヶ崎町 620 番地, 電話目黒(713) 0157(代表)], 10. その他: 自筆履歴書, 卒業証明書, 成績証明書, 戸籍謄本, 身体検査書, 写真(手札形 1 枚)を提出のこと。

朝日電機工業株式会社

1. 職種: 技術者(電気, 機械設計) 鉱工業用自動制御装置の設計, 2. 学歴: 大学, 高専卒または同等の学力, 経験者を有する人, 3. 年令: 25~50 才まで, 4. 勤務地: 下関本社工場, 5. 勤務地外に居住する応募者に対する事項: 書類を本社宛送付すれば連絡する, 6. 給与: 経験, 年令に応じて決定(15,000~50,000 円程度), 7. 選考地: 下関・旅費支給, 昭和 36 年 7 月下旬選考, 8. 締切年月日: 昭和 36 年 7 月 20 日まで(早目に送付を希望), 9. 連絡先: 株式会社 河野礦山電機器製作所総務課[下関市彦島本村卯月町 45 番地, 電話下関(24)1261], 10. その他: 自筆履歴書, 卒業証明書, 戸籍謄本, 身体検査書, 写真(手札形 1 枚)を提出のこと。

株式会社 河野礦山電機器製作所

UDC 621.316.86.011.22-416: (546.26+546.82)

資料・論文

36-54

チタンと炭素の複合被膜抵抗体*

古 幡 情 司†

1. ま え が き

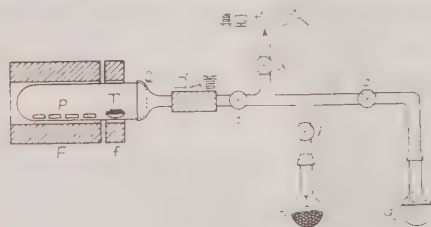
よう化チタンの熱分解を応用したチタン被膜抵抗体は、さきに報告したように⁽¹⁾従来もっとも優れてゐる熱分解形炭素被膜抵抗器と同様に盡量可能で、種々の特性はこれより優秀で、抵抗体として良好な性質を有するが、抵抗体の性能をいっそう向上させる企図のもとに、チタンと炭素の複合生成物の被膜抵抗体を試作研究し、優良なものを得た。

この抵抗体は、チタン被膜抵抗体と同様に気相熱分解法によるが、よう化チタンと同時に炭化水素を熱分解して作る。チタン被膜抵抗体は、炉から取り出したのちに、空气中で熱処理するなどの人工老化、またはその他の安定化処理を必要とするが、この抵抗体はそれの必要がなく、電気的諸特性は炭素被膜抵抗体よりもすぐれている。

2. 製 法

(2.1) 製造装置および製法⁽²⁾ この抵抗体の製法は気相熱分解法によるので、チタンと複合皮膜を作る元素の炭素を含む化合物が容易に気体となり、しかも四よう化チタンとはほぼ同じ温度で熱分解すること、そしてその際に生じたチタンと、炭素以外の分解生成物が同時に生成する抵抗皮膜の性質をそこなわないようなものであり、かつ排出容易なことが必要である。これらの要求に適するものとして、炭素源にノルマルオクタンを選んだ。

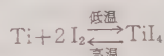
第1図は製造装置の主要部で、チタン被膜抵抗体の



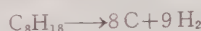
第1図 チタンと炭素の複合被膜抵抗体製造装置概要図

製造装置にオクタンを入れたガラス製反応管 G_2 を付け加えたものである。 G_1 はよう素を入れたガラス製反応管で、その他はチタン被膜抵抗体製造の場合と同様である。

石英製反応管 Q 内を 10^{-4} mmHg 以上の高真空中に保って、電気炉 F , f によって高温に加熱する。一方、 G_1 , G_2 は湯浴してその下に設けた電熱器で適当な温度に加熱して、それぞれよう素とオクタンを蒸気とする。そして、真空コック $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ を操作して少量のよう素とオクタンの混合蒸気を Q 内に送入する。するとよう素は低温部の粗チタン (Ti) と化合して四よう化チタン (TiI_4) となり、約 $1,000^\circ\text{C}$ の磁器管 P に触れて熱分解し、その表面に純チタンの皮膜を析出することは、チタン皮膜生成の場合と同様である。



この反応と同時にオクタンも熱分解して、磁器管表面に炭素を析出する。



こうしてチタンと炭素の複合生成物の被膜抵抗体を得られる。そしてその皮膜の厚さ、すなわち抵抗値は反応時間、よう素の量、オクタンの量などに関係するので、これらを制御することによって、抵抗値を加減することができる。

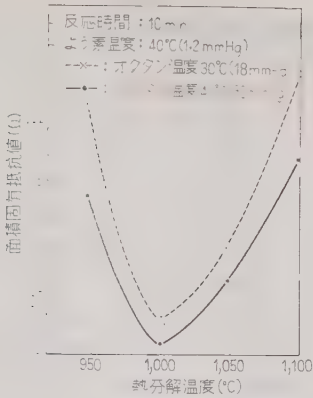
皮膜を付けた抵抗体を炉から取り出してのち、ヘリカルカッチングを行って抵抗値を拡大し、所要の値に調整できることも、得られる抵抗器の抵抗値範囲と精度も炭素皮膜の場合と同様である。なお、第1図はバッチ式のものであるが、装置を変えて連続製作することも可能である。

この抵抗体の製作にあたっては粗チタンは充分にガス抜きをしておき、磁器管などは充分に清浄にし、かつガス抜きをしておくことが必要である。またよう素も精製したものを用いる。

(2.2) 抵抗皮膜の生成条件 生成する複合皮膜の厚さ、したがって抵抗値はよう素の量、オクタンの量、熱分解の温度、反応時間などの諸因子に関係するので、これらの関係を吟味した。皮膜の厚さは、前報⁽¹⁾と同様に面積固有抵抗値 (ρ_s) で表わし、気体としたよう素とオクタンの量はその温度 (蒸気圧) で示

* Titanium-Carbon Complex Film Resistor. By Z. HURUHATA, Member (Faculty of Engineering, Niigata University).

† 新潟大学工学部電気工学科教授、電気材料、電気計測担当

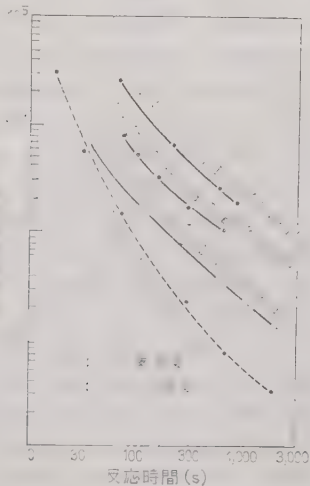


第 2 図 熱分解温度と析出
皮膜の抵抗値の関係

した。

第 2 図は反応時間を 10 min, よう素の温度を 40°C (蒸気圧 1.2 mmHg) に一定にし, オクタンの温度をパラメータとした場合の熱分解温度と, 生成した皮膜の ρ_0 との関係である。熱分解温度は炉内にそう入した熱電対によって測定した石英管の管壁の温度である。熱分解温度は 1,000°C が最適で, これより温度が低くても高くても皮膜の生成量は減る。1,000°C 以上の高温で生成量の減るのは, よう化チタンとオクタンの混合蒸気が磁器管に触れる前に, その周囲の空間で熱分解を起し, 磁器表面への析出する部分が少なくなるためと思われる。

第 3 図は, よう素とオクタンの量の 2 者のうち一方



第 3 図 反応時間と析出皮膜の
抵抗値の関係

を一定として, 他方をパラメータとした場合の反応時間と析出皮膜の抵抗値の関係である。反応時間の長いほど生成する皮膜は厚く, したがって ρ_0 は小さくなる。また, よう素またはオクタンの量, すなわち蒸気圧の高いほど同一反応時間内に生成する皮膜の ρ_0 は小さい。破線のチタン皮膜の曲線⁽¹⁾は比較のために描き入れたものである。チタンだけの場合に比べて, 同一反応時間内に生成するこの皮膜の ρ_0 は大きい。

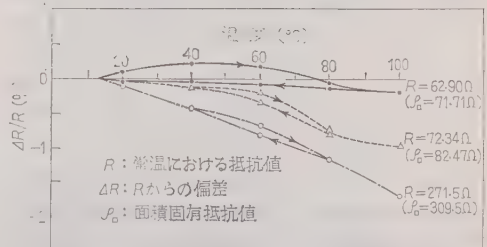
3. 特 性

この被膜抵抗体の特性について述べる。試料はいずれも 8 mm ϕ ×30 mm の磁器管に皮膜を付け, 両端を削り落して内外皮膜の連絡を絶って, 外面皮膜だけを抵抗素体として両端に M 形端子を付けたもので, 絶縁塗装は施してないものである。

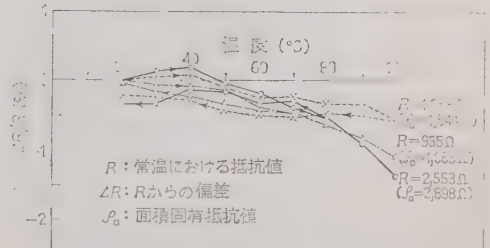
(3・1) 温度特性 第 4 図および第 5 図に, 低い抵抗値のものとやや高い抵抗値のもの, 室温から常用温度範囲の 100°C までの抵抗-温度特性を, 第 6 図に皮膜の ρ_0 と温度係数の関係を示す。

抵抗-温度特性はチタン皮膜の場合⁽¹⁾とやや趣を異にしている。 ρ_0 が数千オーム以下のものでは温度の上昇とともに抵抗値が少しく増して極大値が現われその後は反転して減少し, 100°C で -2% 以下である。炭素皮膜では単調に減少して 100°C で普通のもの -2~-4% である。

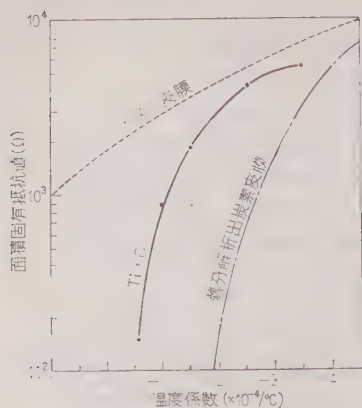
抵抗-温度係数は JIS⁽³⁾ にしたがって測定した値で



第 4 図 抵抗-温度特性 (低い抵抗値のもの)



第 5 図 抵抗-温度特性 (数千オームのもの)



第6図 皮膜の抵抗値と抵抗-温度係数
(平均値) の関係

ある。温度係数は皮膜の厚さ、すなわち ρ_0 によって変わり、 ρ_0 の大きい、いいかえれば、皮膜の薄いものほど温度係数の小さいことは他の被膜抵抗体と同様である。そして、その値は ρ_0 が数キロオーム以下のものでは炭素皮膜とチタン皮膜の間にあり、炭素皮膜の1/2以下である。第6図中、炭素皮膜の曲線⁽⁴⁾とチタン皮膜の曲線⁽¹⁾は比較のために描き入れたものである。

(3.2) 温度サイクル試験 広い温度範囲の急激な変化のくり返しに対する安定性を実験するために、JIS⁽³⁾に準じて温度サイクル試験を行った。すなわち、第1表の温度サイクルを連続5回くり返し、第1サイ

第1表 温度サイクル

段 階	温 度 (°C)	時 間 (min)
1	室 温	10~15
2	-55 +5 -10	30
3	室 温	10~15
4	+85 +3 -0	30

第2表 温度サイクル試験による抵抗値変化

試料番号	第1サイクル初 の抵抗値 (Ω)	抵抗値変化 (%)	製作条件*
1	990.7	0.41	I: 80°C
2	998.8	0.10	Oc: 30°C
3	1,107	0.27	t: 1 min
4	1,037	0.58	I: 60°C
5	1,210	0.66	Oc: 30°C
6	3,013	0.33	t: 30 min
7	3,016	0.13	
8	3,143	0.19	
9	3,013	0.17	I: 80°C
10	3,088	-0.06	Oc: 30°C t: 1 min

(注) * I: よう素, Oc: ノルマルオクタン, t: 反応時間, 熱分解温度はいずれも 1,000°C

第3表 経年変化

試料番号	面積固有抵抗値 (Ω)	1年後の偏差 (%)	製作条件*
1	857	0.43	I: 60°C(3.5 mmHg)
2	894	0.65	Oc: 30°C(18 mmHg)
3	1,034	0.75	F: 1,000°C
4	1,055	0.76	t: 15 min
5	1,230	0.65	
1	1,144	0.86	同 上 t: 5 min
2	1,147	0.70	
3	1,867	1.22	
4	1,900	1.08	
5	1,912	1.37	
1	3,784	0.51	同 上 t: 2 min
2	4,239	1.93	
3	4,349	1.72	
4	5,144	2.25	
5	7,113	"	
1	1,964	0.41	I: 40°C(1.2 mmHg)
2	1,977	0.58	Oc: 30°C(18 mmHg)
3	2,046	1.00	F: 1,000°C
4	2,073	1.17	t: 10 min
5	2,111	0.97	
6	2,143	1.59	
7	2,492	0.96	
8	2,688	0.85	
9	2,813	1.53	
10	2,934	1.16	

(注) * I: よう素, Oc: ノルマルオクタン, F: 熱分解温度, t: 反応時間

クルの初めと、第5サイクルのあと1h後に抵抗値を測定して、温度サイクルによる抵抗値変化を測定した。この実験中の室温は17~18°Cである。

第2表に、 ρ_0 が約1~3k Ω のものの実験結果を示す。炭素被膜抵抗器はその抵抗値変化が $\pm 1\%$ 以内と規定されているが、この複合被膜抵抗体の温度サイクルによる抵抗値変化は小さい。

(3.3) 経年変化 この被膜抵抗体を炉から取り出してのち、大気中に放置して、1年後の抵抗値変化を測定した結果の例を第3表に示す。大気中での安定性がすぐれており、炉から取り出してのち、なんら安定化処理を施さなくても、経年変化は小さく、 ρ_0 が約2k Ω 以下のものではだいたい1%以下である。一般に、炭素皮膜では着炭後数パーセントの抵抗値変化が起きるので、2~3ヶ月間放置して老化するが、この複合皮膜ではその必要がない。

(3.4) 雑音 雑音も少なく、第4表は抵抗値がおおよそ500~800k Ω のものについて、JIS⁽⁵⁾にしたがって測定した結果であるが、チタン被膜抵抗体⁽¹⁾と同様、普通の炭素被膜抵抗体にくらべて1けた小さい。この試料は、炭素被膜抵抗器と同様にヘリカルカッチングを施したものである。

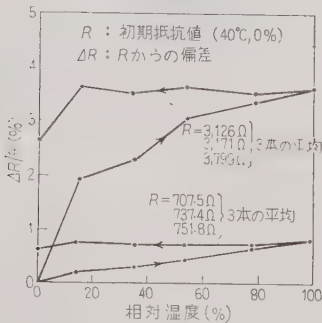
(3.5) 湿度特性 前報と同様の方法⁽¹⁾により、

第 4 表 雑 音

試料番号	みぞ切前の抵抗値 (Ω)	みぞ切後の抵抗値 ($\times 10^3 \Omega$)	雑音 ($\mu V/V$)
1	797.1	475.0	0.046
2	919.1	542.7	0.034
3	938.6	560.6	0.032
4	1,093	667.9	0.034
5	1,320	821.5	0.028

40°C の恒温そうの中で、無負荷と定格負荷をかけた場合の湿度特性を試験した。試料のとり方、実験結果の整理方法も前報と同様にした。普通、被膜抵抗器は絶縁保護塗装を施してあるから、これで試験しても塗料の耐湿性の問題がはいってくる。それゆえ、抵抗皮膜だけの特性を調べるために、この試料はさきに記したように塗装していないものである。他の抵抗皮膜との比較はあとに述べる強制劣化試験において行える。

(a) 無負荷湿度特性 第 7 図は無負荷で相対湿度を 20% ずつ順次に変えて、23 h ずつその状態に保った場合の抵抗値変化の模様である。



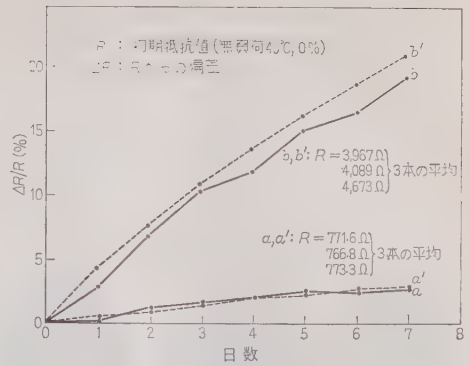
第 7 図 湿度特性 (無負荷, 40°C)

湿度が増すにしたがって抵抗値もいくぶん増加し、皮膜の薄いもの、すなわち ρ_0 の大きいもののほど変化が大きいが、 ρ_0 が 3 k Ω 程度のもので数パーセントである。

(b) 負荷湿度特性 無負荷でも湿度の影響を受けるので、次に負荷をかけるとどのような湿度特性を示すか実験した。湿度は 80% の高湿度とし、負荷電圧の大きさ、間欠負荷の方法は前報⁽¹⁾と同じである。

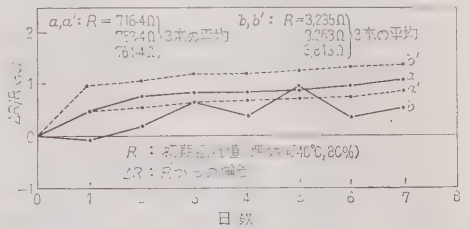
第 8 図は直流負荷、第 9 図は交流負荷の場合の実験結果で、実線の曲線 a, b は 23 h 連続負荷直後の抵抗値変化、破線の曲線 a', b' は、その後負荷を断つて、1 h そのままの状態で放置しておいたのちの抵抗値変化で、いずれも 40°C で、80% の湿度中での復元性を示す。

直流負荷の場合 ρ_0 の小さい、つまり皮膜の厚いものでは湿度の影響は小さいが、高抵抗値のもの、すな



直流 1 W 負荷, 40°C, 湿度 80%

第 8 図 直流負荷-湿度特性



交流 50 c/s, 1 W 負荷, 40°C, 湿度 80%

第 9 図 交流負荷-湿度特性

わち皮膜の薄いものでは、日がたつにつれて抵抗値は増大する。

交流負荷の場合は、直流負荷の場合にくらべて高抵抗値のものも抵抗値変化は格段に小さい。この原因は直流と交流の相違に基づくものと考えられる。

4. 考 察

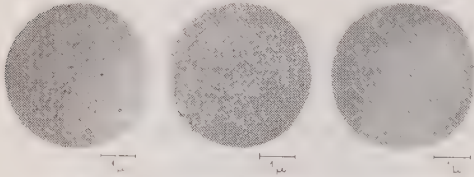
(4.1) チタンへの添加元素炭素の影響 チタンを基礎とする合金の添加元素としての炭素(C)を考えてみる。Ti に対しきわめて小さい原子は、Ti の格子のすき間の広い所に侵入して介在固溶体を作る。Ti と介在固溶体を作る可能な原子直径比は Gonser 氏⁽⁶⁾によれば、Ti に対して差が 40% より小さいもので、このような元素は第 5 表のとおりである。それゆえ、常温で固体のもので介在固溶体を作りうるものは C と B だけであるが、C のほうが原子直径が小さいので固溶体となりやすい。

Ti と C とは、電気炉の温度で化合して、炭化チタン(TiC)を生成するが、⁽⁷⁾ Vordahl や Larsen 氏ら⁽⁸⁾による(Ti-C)合金の研究結果によれば、Ti は C のわずかの添加によって炭化物との介在固溶体を作り、硬度和耐酸化性を増し、電気抵抗を増す。

さきに述べた方法により、高温で同時に熱分解析出

第 5 表 チタンに対する原子直径の差

元 素	原子 直 径	
	<i>a</i> (Å)	Ti との差 (%)
H	0.46	-84
O	1.32	-54
N	1.42	-51
C	1.54	-47
F	1.80	-33
Ti	2.88	—

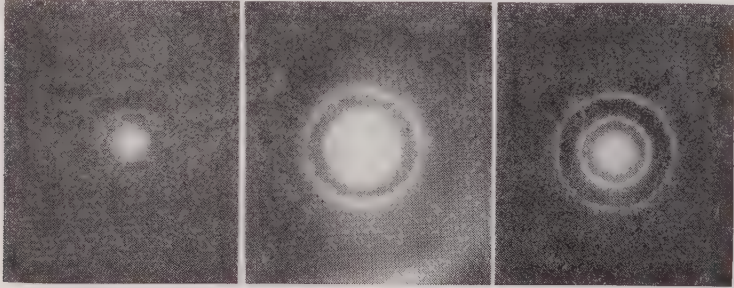


第 10 図 熱分解析出皮膜の表面構造を示す電子線回折写真 (片断はすべて石英板)

第 6 表 チタンと炭素の複合皮膜 (熱分解析出) 回折図形の解析結果

Titanium-Carbides, Cubic				<i>a</i> ₀ =1.3255 Å	
面 積	膜 厚	電 圧 (V)	電 流 (mA)	又 献 値 (X 線)	
<i>hkl</i>	<i>I</i> _{obs}	<i>r</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)
111				80	2.508
200	1	30.0	2.18	100	2.179
220				50	1.535
112	8	7.1	1.90	3	1.311
222	5	53.6	1.27	10	1.255
400	1	58.8	1.10	5	1.086
331				"	0.997
420				30	0.971
224				"	0.884
115	1	77.2	0.84	"	0.833

(注) *I*: 電圧線強度比; *r*: Debye ring の半径; *d*: 面間隔
文献値 A.S.T.M. X-ray Powder Data File, Card No. 6-0614 (1955)



グラフナイト化しているが Debye-Scherrer ring は (002), (004) 面ではなく (100), (110) 面のよく発達しているを示している。
(a) 炭素皮膜
Debye-Scherrer ring は Titanium Hexagonal Closed-Packed を示している。
(b) チタン皮膜
Debye-Scherrer ring は Titanium-Carbides, Cubic を示している。
(c) チタンと炭素の複合皮膜

第 11 図 熱分解析出皮膜の電子線回折像写真 (加速電圧 50 kV, λ=0.0536 Å)

した Ti と C とは活性化されていて、炭化チタンも生ずると想像されるので、電子顕微鏡によってチタンと炭素の同時熱分解析出皮膜と、チタン皮膜および炭素皮膜との表面構造の相違を観察し、電子線回折によってこれを確かめた。第 10 図は皮膜の表面構造、第 11 図はその電子線回折像写真で、両図とも、よう化チタンの熱分解によるチタンだけの皮膜、ならびにオクタンの熱分解による炭素だけの皮膜とならべて掲げる。第 6 表は第 11 図 (c) の解析結果で、炭化チタン TiC が固定され、その生成していることを明らかにしている。

この皮膜生成反応中に、一部のチタンは炭素との化合物 TiC となることが示されたが、皮膜全体がすべて固溶体となっているか、または析出する Ti や C との混合物であるかはなお検討を要するので、一応複合皮膜と呼んでおくこととする。

抵抗体を炉から取り出して大気中に放置した場合、チタンだけの皮膜は大気の影響を受けやすい。⁽⁹⁾ しかし、この皮膜が固溶体となっていれば、さきに述べたように耐酸化性を増しているし、また単なる混合物としても、その成分の Ti で直接大気に触れる部分は少なく、したがって大気の影響を受けることが少ない。それゆえ、この複合皮膜の経年変化は小さいと考えられる。

(4・2) 雑音について 抵抗体から発生する雑音はよく調べられていて、⁽¹⁰⁾ 負荷をかけた場合の雑音は熱雑音と電流雑音の和であるが、一般に前者は後者にくらべてはるかに小さい。第 4 表に示した雑音は抵抗体に電流を流した場合に現われる電流雑音である。

周波数が *f* と (*f*+Δ*f*) との間で、二乗平均電流雑音電圧 Δ*e_e*² は、近似的に次式にしたがう。

$$\Delta e_e^2 = \gamma I^2 R^2 f^{-1} \Delta f$$

ここに、 γ は定数で材料によって大きな差異があり、 I は抵抗体に流す電流の大きさ、 R は抵抗値である。電流雑音電圧は同一抵抗値のものでも電流と周波数によって異なり、また材料の種類によって異なり、金属ではきわめて小さくて、塊状のものではほとんど現れない。塊状のものとは種々性質の異なる薄膜状の金属でも、白金皮膜など炭素皮膜にくらべて、 γ は 1 けた小さいことが知られている。

第 4 表の雑音は、周波数範囲が音声周波帯域における電流雑音電圧 $\sqrt{e_o^2}$ を印加電圧 1V あたりに表わしているが、普通の炭素被膜抵抗器より小さいのは、すでに述べたように、この抵抗素皮膜が金属チタンを基合金とし、材質と構造が炭素皮膜と異なっているためである。

(4.3) 湿度の影響について

(a) 強制劣化試験 前記のような湿度の影響を受けるので、抵抗素子を水中に浸し、これに直流電圧を印加して強制劣化試験を行い、水分のある場合の抵抗値変化の現象を観察解明した。試験方法は前報の場合⁽¹⁾と全く同じである。

結果はほぼ同様であるが、少しく異なる点もある。

(1) 正極からは酸素、負極からは水素の気ほうを発生する。

(2) 負極とした抵抗皮膜の外観はほとんど変化しない。

(3) 正極とした抵抗皮膜の水中部分は白色化するが、その速さと外観の変化は、厚さ、すなわち抵抗値により、また水の純度によって異なる。皮膜の厚い ρ の小さいものは、チタン皮膜では水面から上の部分が次第に青色がかってゆくが、⁽¹⁾ この皮膜では、水道

水、蒸留水、いずれの場合も外観はほとんど変わらない。やや薄いものでは、水道水の場合、水中部分の皮膜が次第に白色がかって I, II, III の 3 段階の変化をしてゆくのがよく観察されるのは前報⁽¹⁾と同様である。皮膜がきわめて薄い高抵抗値のものでは、水道水の場合皮膜はすみやかに白色化するが、蒸留水では容易に変化しない。

(4) 正負電極間を流れる電流は、第 12 図に示すように時間がたつにつれて減少するが、その変化には水の純度および皮膜の厚さによる相違が明らかに出てくる。

不純物を含む水道水では、皮膜の厚さにより電流の減少してゆく様模がよくわかり、だいたい I, II, III の段階を経て減少してゆくのがやや薄い皮膜でよく現われている。これは、(3) に述べた皮膜の色の变化の進行段階と対応する。皮膜がきわめて薄くなると三つの段階は明りょうでなく、ほとんど直線的に減少する。

純度の高い蒸留水の場合には、いずれも第 II の段階が現われず、長い時間電流はほとんど一定で、相当の時間がたつと急激に減少する。

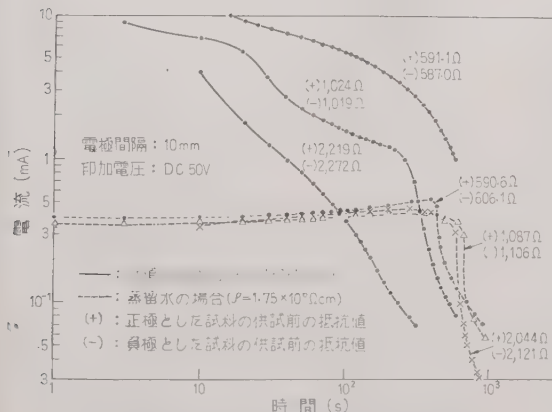
この実験に使用した水の固有抵抗 ρ は、水道水が $\rho = 0.137 \times 10^6 \Omega \text{cm}$ 、蒸留水が $\rho = 1.75 \times 10^6 \Omega \text{cm}$ である。化学分析の結果は、水道水には Ca イオン 7.2 mg/l, Cl イオン 12.5 mg/l, Mg イオン 3.4 mg/l を含んでいたが、蒸留水には、分析実験の範囲では不純物は認められなかった。

(5) この試験によって、電極とした抵抗素子の抵抗値は第 7 表のように一般に大きくなったが、正極と負極とで変化の様模が異なる。正極としたものは著しく増大するが、負極としたものはわずかで、中にはいくぶん小さくなったものもある。

この原因は、水の電気分解によって生じた酸素と水素の作用によるものである。すなわち、陽極とした皮膜の抵抗値は著しく増しているが、これは陽極に生じた酸素による酸化が行わ

第 7 表 強制劣化試験による抵抗値変化

電極	抵 抗 値 (Ω)			
	水道水の場合 ($\rho = 0.137 \times 10^6 \Omega \text{cm}$)		蒸留水の場合 ($\rho = 1.75 \times 10^6 \Omega \text{cm}$)	
	供試前	供試後	供試前	供試後
正	591.1	70×10^9	590.6	50×10^6
負	587.0	611.4	606.1	626.2
正	1,024	25×10^6	1,087	50×10^6
負	1,019	1,010	1,106	1,113
正	2,219	100×10^6	2,044	43×10^6
負	2,272	2,375	2,121	2,248



第 12 図 強制劣化試験における電流の時間による変化

れ、炭素分は炭酸ガスとなって失われ、チタン分は酸化チタン（白色）となるためと思われる。負極とした皮膜は一般に抵抗値が少し増しているが、これは負極に生じた水素の影響によるもので、⁽⁹⁾ 抵抗値がかえっていくぶん減少したものもあるが、これは皮膜表面が試験前に、空気中で多少酸化されていたものが還元されたためと解される。

このようにして、1 個の抵抗体に直流負荷をかけた場合、水分があると水の電気分解によって生ずる酸素と水素の作用によって、皮膜の正極側は負極側より変化が著しく、全体として抵抗値は増大することになる。

なお、保護塗装をしてない炭素被膜抵抗器について比較実験をした。水道水、蒸留水おのおの場合、この複合皮膜と同様の傾向であるが、炭素皮膜は侵され方が早く、時間にしてこの複合皮膜はおよそ 10 倍の強さを示した。

(b) 無負荷湿度特性について 前記 (3・5) 節 (a) の実験結果は、無負荷でも湿度の高まるにつれて抵抗値がいくぶんずつ増し、再び湿度を下げていっても最大となったときの抵抗値変化がだいたいそのままに残っている。この実験で抵抗値の測定にはブリッジを使用しているが、その電源は 3 V の乾電池であるから測定電流は小さく、各測定時間は短いけれども、前記の理由で抵抗値変化をきたすものと考えられ

る。

5. む す び

以上、チタンと炭素の複合被膜抵抗体の製法を述べ、その電気的諸特性は実験の結果すぐれていることを示し、チタンを基礎とする合金の添加元素炭素の影響を述べ、特性について吟味をした。

終りに、終始ご懇切なご指導をいただいた東京工業大学斎藤幸男教授に厚くお礼申し上げる。また、本工学部佐々木秀穂講師、武田八郎技官は、実験に熱心に協力され、YS 磁器管製作所から磁器管の提供を受け、電子顕微鏡写真と電子線回折像写真の撮影には明石製作所のご厚意をいただいた。なお、本研究は文部省科学試験研究費の援助を受けた。付記して各位に謝意を表する。(昭和 35 年 10 月 6 日受付)

文 献

- (1) 古幡：電学誌 **79**, 282 (昭 34)
- (2) 斎藤・古幡：特許第 220882 号；昭 32 通信学会全国大会 69
- (3) JIS C 6402 (1956) 炭素皮膜固定抵抗器
- (4) R.O. Grisdale, et al.: Bell Syst. tech. J. **4**, 312 (1951)
- (5) JIS C 6403 (1952) 炭素系抵抗体の雑音測定方法
- (6) B.W. Gonser: Ind & Eng. Chem. **42**, 222 (1950)
- (7) 千谷：無機化学 中巻, p. 417 (昭 34) 産業図書株式会社
- (8) W.L. Finlay & M.B. Vordahl: Met. Progr. p. 73 (1952-2)
- (9) 斎藤・古幡：昭 32 連大 224
- (10) 電気通信学会：雑音 p. 55, 71 (昭 27)；関：雑音 p. 20, 66 (昭 30) 岩波書店

UDC 621.318.56.012.6

電流直流分に対する電流力計形継電器の動作特性*

資料・論文

36-55

正員 中西邦雄† 吉本光一†

緒 言

近時電力系統の安定な運転を確保するため、故障時間をできるだけ短縮することが要望され、それに伴って継電器、しゃ断器の動作の高速化の必要性はますます強くなっている。そのため継電器時間 1~2 サイクルのものが広く使われるようになったが、このようなものでは故障発生時に過渡的に生ずる故障電流中の直流分によって誤動作するのではないかと懸念されてきた。

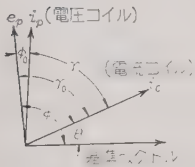
本論文は、比較的解析の容易な電流力計形電力方向継電器を例にとって可動部の運動を解明し、直流分のあるときに動作時間、その他の特性がいかなる影響をうけるかを検討したもので、他の種類の継電器についても従来あまり顧みられなかった、このような考え方が有用であると考え、ここに概要を記す次第である。

1. 基礎方程式

電圧コイルの電圧を e_p 、電流コイルの電流を i_o とし、 i_o の直流分 I_d 、交流分 I_m の時間的減衰は考えないことにすると

$$e_p = E_m \sin(\omega t + \phi)$$

$$i_o = I_m \sin(\omega t + \theta) + I_d$$



第 1 図

電圧コイル (可動コイル) には定電圧を常時印加することとし、その電流を i_p とすれば、駆動トルク τ_e は

$$\tau_e = K' i_o i_p$$

いま、 $\phi - \theta = \gamma_0$ 、電圧コイルのインピーダンス角を ϕ_0

とすると、(第 1 図参照)

$$\tau_e = K' I_{pm} \sin(\omega t + \phi - \phi_0) \{ I_m \sin(\omega t + \theta) + I_d \}$$

$$= \frac{1}{2} K' I_{pm} I_m \{ \cos(\gamma_0 - \phi_0) - \cos(2\omega t + \phi + \theta - \phi_0) \} + K' I_{pm} I_d \sin(\omega t + \phi - \phi_0)$$

ϕ_0 はきわめて小さいから無視して、 I_{pm} の代わりに

E_m を用いると

$$\tau_e = \frac{1}{2} K E_m I_m \{ \cos \gamma - \cos(2\omega t + \phi) + 2\alpha \sin(\omega t + \phi) \} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $\phi = \theta + \phi$ 、 $\alpha = I_d / I_m$

次に可動部の動作角度を ϕ_o 、その角速度を ω_o 、慣性モーメントを J 、制動トルクを τ_d 、制御トルクを τ_r とし、静止状態すなわち $\phi_o = 0$ において制御ばねの可動部分に与えるトルクを τ_{r0} とすると、運動方程式は

$$J \frac{d^2 \phi_o}{dt^2} = \tau_e - (\tau_d + \tau_r + \tau_{r0})$$

τ_e は (1) 式で与えられ、また

$$\tau_d = k_a \frac{d\phi_o}{dt}, \quad \tau_r = k_b \phi_o, \quad \tau_{r0} = k_o$$

とおくことができるから、(ただし k_a 、 k_b 、 k_o は定数)

$$J \frac{d^2 \phi_o}{dt^2} + k_a \frac{d\phi_o}{dt} + k_b \phi_o = \frac{1}{2} K E_m I_m \{ \cos \gamma - \cos(2\omega t + \phi) + 2\alpha \sin(\omega t + \phi) \} - k_o \dots \dots \dots (2)$$

上式についてラプラス変換を行い $\mathcal{L}(\phi_o) = \Phi_o$ とし、また初期条件 $\phi_{o0} = \phi_{o0}' = 0$ を代入すると

$$(s^2 J + s k_a + k_b) \Phi_o = \frac{1}{2} K E_m I_m \left[\frac{\cos \gamma}{s} - \frac{s \cos \phi - 2\omega \sin \phi}{s^2 + 4\omega^2} + 2\alpha \frac{\omega \cos \phi + s \sin \phi}{s^2 + \omega^2} \right] - \frac{k_o}{s} \dots \dots \dots (3)$$

上式を \mathcal{L}^{-1} 変換し、かつ動作時間 t が短いとして省略を行うと

$$\begin{aligned} \phi_o \approx & \frac{1}{2} \frac{K E_m I_m}{J} \left[t^2 \cos \gamma - \frac{1}{2\omega} \frac{k_a}{J} (\sin \phi + 4\alpha \cos \phi) \right. \\ & + \frac{1}{4\omega^2} \left(\frac{k_a^2}{J^2} - \frac{k_b}{J} \right) (-\cos \phi + 8\alpha \sin \phi) \Big\} \\ & + \frac{t}{\omega} \{ (\sin \phi + 4\alpha \cos \phi) \\ & - \frac{1}{2\omega} \frac{k_a}{J} (-\cos \phi + 8\alpha \sin \phi) \} \end{aligned}$$

* The Dynamic Performance of a Electro-Dynamometer Type Protective Relay for the DC Component in the Fault Current.
By K. NAKANISHI, Member & K. YOSHIMOTO, Non-member (Faculty of Engineering, Yokohama National University).

† 横浜国立大学工学部

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{2\omega^2}\{\cos\psi-\cos(2\omega t+\psi)\} \\
 & +\frac{8\alpha}{2\omega^2}\{\sin\phi-\sin(\omega t+\phi)\}-\frac{1}{2}\frac{k_e I_m^2}{J} \\
 & \dots\dots\dots(4)
 \end{aligned}$$

いま (4) 式の ϕ_0 に接点閉路時の回転角 ϕ_{0f} を入れて t について解けば、動作時間 t_0 を求めることができる。すなわち

$$A = 2\phi_{0f} / \left(\frac{K}{J} \frac{E_m I_m}{2} \right)$$

$$B = \left(\frac{k_e}{J} \right) / \left(\frac{K}{J} \frac{E_m I_m}{2} \right)$$

とおけば、次の 3 種の近似式が導かれる。

$t \gg 1/\omega$ として (4) 式の $1/2\omega^2$ の係数のある項を省略すると

$$\begin{aligned}
 & t^2 \left\{ (\cos\gamma - B) - \frac{1}{2\omega J} k_a (\sin\psi + 4\alpha \cos\phi) \right. \\
 & + \frac{1}{4\omega^2} \left(\frac{k_a^2}{J^2} - \frac{k_b}{J} \right) (-\cos\psi + 8\alpha \sin\phi) \Big\} \\
 & + \frac{t}{\omega} \left\{ \sin\psi + 4\alpha \cos\phi \right. \\
 & \left. - \frac{1}{2\omega J} k_a (-\cos\psi + 8\alpha \sin\phi) \right\} \cdot A = 0 \\
 & \dots\dots\dots(5-1)
 \end{aligned}$$

また α は大きくても 2 であるから、 α および $1/\omega^2$ を小とすれば上式は

$$\begin{aligned}
 & t^2 \left\{ (\cos\gamma - B) - \frac{1}{2\omega J} k_a (\sin\psi + 4\alpha \cos\phi) \right\} \\
 & + \frac{t}{\omega} \left\{ \sin\psi + 4\alpha \cos\phi \right. \\
 & \left. - \frac{1}{2\omega J} k_a (-\cos\psi + 8\alpha \sin\phi) \right\} \cdot A = 0 \\
 & \dots\dots\dots(5-2)
 \end{aligned}$$

さらに $\frac{1}{2\omega J} k_a$ の係数がかかっている項が他よりも非常に小さければ

$$\begin{aligned}
 & t^2 (\cos\gamma - B) + \frac{t}{\omega} (\sin\psi + 4\alpha \cos\phi) \cdot A = 0 \\
 & \dots\dots\dots(5-3)
 \end{aligned}$$

(5) 式の諸式は定数 A の中に含まれている可動部の回転角 ϕ_{0f} と、動作時間 t を結びつける基本式であって、後述の理論的計算の準拠となるものである。なお、これらの近似式の適用範囲は、供試継電器について第 3 章のような定数を入れると、(5-1) 式は $\gamma \geq 60^\circ$ のとき、(5-2) 式は $60^\circ > \gamma \geq 30^\circ$ または $\alpha \sin\phi = 0$ のとき、(5-3) 式は $30^\circ > \gamma$ のときに適用できることがわかる。

2. 逆方向トルクおよびストップの影響

可動部は第 2 図のようにストップで阻止されるため、 $\phi_0 < 0$ の方向の動作を行えない。動作を開始するのは $\tau_e > \tau_{r0}$ の場合に限られる。すなわちもし $t=0$ において $\tau_e \leq \tau_{r0}$ ならば、可動接触子は直ちに動作せず、第 3 図のように $\tau_e > \tau_{r0}$ となる瞬時 $t=t'$ から運動を開始する。また $t=0$ においては $\tau_e > \tau_{r0}$ であっても、接点が閉成される前に逆方向トルクが大きく作用して、可動接触子がストップにぶつかる場合には、次に再び

$\tau_e > \tau_{r0}$ となる瞬時から改めて動作を開始し、それまでは見掛け上、可動接触子が全く動作を行わなかったのと同じになる。

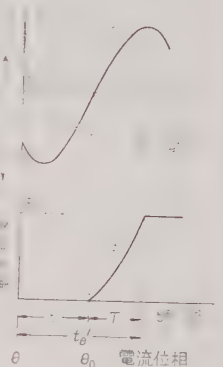
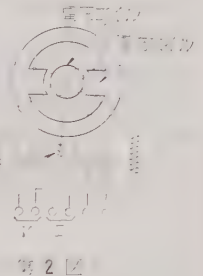
このことから、逆方向トルクが可動部に作用して、ストップがその負方向の運動を阻止する場合の動作時間 t_0' は次の形で表わせる。

$$t_0' = t' + T \dots\dots(6)$$

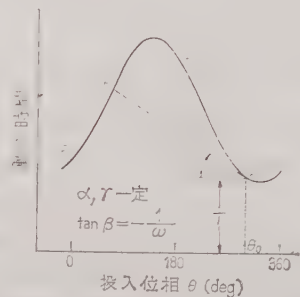
ただし、 t' は故障発生時より次に $\tau_e > \tau_{r0}$ となるまでの時間、 T は $t=t'$ の電流位相で故障発生し

たときの動作時間。すなわち t' は (1) 式の $\tau_e = 0$ となる時間より、また T は基礎方程式 (5) より計算で求めることができる。

しかし t_0' は計算で求めるよりもむしろ投入位相特



第 3 図



第 4 図

特性線によるほうが容易である。
すなわち動作時間 t は故障発生時
の電流位相 (投入位相) θ の関数
として第4図のような特性曲線で
表わせる。実線はストッパがない
ときの動作時間 t であって (5) 式
を t について解けば計算により求
められる。いまこの曲線上の

$$\frac{\partial t}{\partial \theta} = -\frac{1}{\omega} \quad (7)$$

なる点 Q において引いた切線 PQ
は、逆トルクとストッパの影響を
考慮に入れたときの動作時間 t_0'
を与える。なぜならば第3図にお
いて $t=0$ における電流位相を θ 、
 $\tau_a > \tau_0$ となる位相を θ_0 とする
と、 $\omega t' = \theta_0 - \theta$ 、これに (6) 式を
入れて θ について微分すると

$$\frac{\partial t_0'}{\partial \theta} = \frac{\partial t'}{\partial \theta} = -\frac{1}{\omega} = \tan \beta$$

となるからである。

第4図の投入位相による動作時間 t の変化する幅
(ばらつき) は $\alpha=0$, $\cos \gamma=1$ のときに最小で、 α の
増大あるいは力率の低下に伴って増大するが、スト
ッパがあれば、いかなる場合にもばらつきは $2\pi/\omega=$
 $1/f$ (s) をこえることはない。

3. 供試継電器の特性

(3.1) 運動方程式の定数の決め方 (2) 式を J
で除すると (8) 式となる。

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \phi_o}{dt^2} + \frac{k_a}{J} \frac{d\phi_o}{dt} + \frac{k_b \phi_o}{J} + \frac{k_o}{J} \\ = \frac{K}{J} P \{ \cos \gamma - \cos(2\omega t + \psi) \\ + 2\alpha \sin(\omega t + \phi) \} \quad (8) \end{aligned}$$

$$\text{ただし } P = \frac{1}{2} E_m I_m$$

これらの係数は次のようにして求められる。

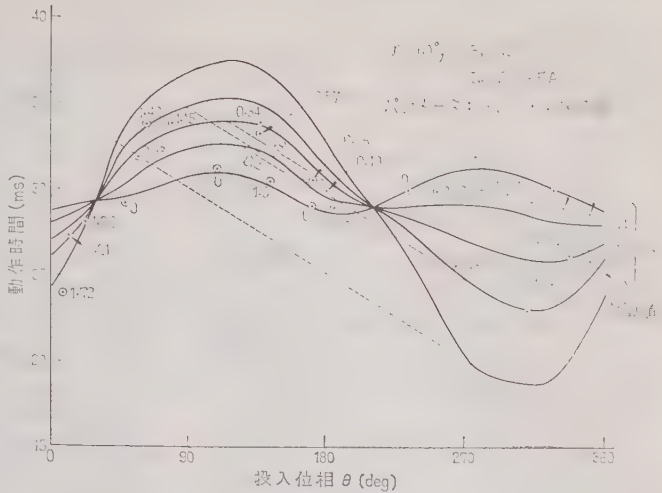
$$\frac{K}{J} = \frac{2\phi_{of}}{P} \cdot \frac{1}{t^2 \cos \gamma} \quad (t \gg 1/\omega, \alpha=0, \phi=0 \text{ のとき})$$

$\frac{k_o}{J} = \left(\frac{K}{J} \right) P_0 \cos \gamma$ [P_0 は $\phi_0=0$ において静止し
ているときの P の値 (VA)]

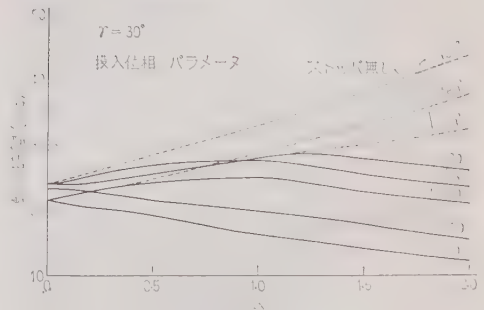
$$\frac{k_b}{J} = \left[\left(\frac{K}{J} \right) P_f \cos \gamma - \left(\frac{k_o}{J} \right) \right] \frac{1}{\phi_{of}}$$

ただし P_f は $\phi_0 = \phi_{of}$ における P の値 (VA)

昭和 36 年 5 月 (J.I.E.E.J.)



第5図



第6図

$$\frac{k_a}{J} = -\frac{2\omega}{t^2 \sin \psi} \left\{ t^2 \cos \gamma + \frac{t}{\omega} \sin \psi - \frac{2\phi_{of} + (k_o/J)t^2}{(K/J)P} \right\}$$

ただし、 $t \gg 1/\omega$, $\alpha=0$ のとき、(5-2) 式による。

供試継電器では、これらの定数値は

$$\begin{aligned} \phi_{of} &= 4.7 \times 10^{-2} \text{ (rad)}, \quad K/J = 0.43, \quad k_o/J = 3.5, \\ k_b/J &= 13, \quad k_a/J = 10, \quad (\phi_0 = 2.25 \text{ rad}) \end{aligned}$$

これらの値は直流分を含まないときの限時特性と最
小動作電流の測定から実験的に定められ、それぞれ上
記諸式の省略条件を満足している。

(3.2) 測定値と計算値 電流回路に直列に蓄電池
をそう入して、故障電流に非減衰直流を重ね合わせ、
電磁オシログラフで求めたのが測定値であり、上記諸
定数を用いて (5) 式を解いたのが計算値である。

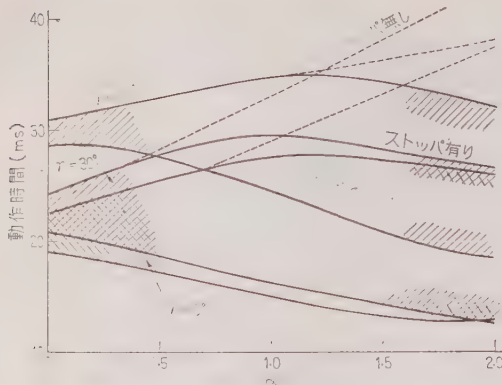
第5図は投入位相特性曲線の一例で、実測値のばら
つきが多くなる γ の大きい場合でも実測値と計算値が
よく合うことを示している。また第6図は直流分と交
流分の比に対する継電器時間の関係を示す一例であっ

第 1 表

$$\gamma=80^\circ, E_m/\sqrt{2}=100\text{ V}, \\ I_m/\sqrt{2}=5\text{ A}$$

$$\gamma=0^\circ, E_m/\sqrt{2}=12.2\text{ V}, \\ I_m/\sqrt{2}=5\text{ A}$$

α	t (計算値) (ms)	t (測定値) (ms)	α	t (計算値) (ms)	t (測定値) (ms)
0	41.1	40.3	0	62.5	62.4
0.09	37.9	37.2	0.06	60.5	62.2
0.11	41.5	41.0	0.15	62.0	63.8
0.27	38.5	37.6	0.27	61.5	63.4
0.40	37.8	37.0	0.43	60.5	62.2
0.51	33.8	32.8	0.57	67.7	59.1
0.65	32.5	31.8	0.81	59.1	60.5
0.74	29.0	28.3	1.12	56.9	59.1
1.10	43.0	44.5	1.45	55.7	60.0
1.46	25.2	24.9			



第 7 図

て、動作時間の上限はストップがあると短縮され、また上下限とも直流分が大きくなるほど短くなることがわかる。第 5 図でもわかるように計算値と測定値はかなり合っているので、パラメータをいろいろ変えて調べた計算値の結果は充分信頼でき、たとえば第 7 図は第 6 図の γ をパラメータとして計算した直流分と動作時間の関係を表わすものである。

4. 検 討

(4.1) 直流分の影響 第 7 図のように直流分 α が増大するにしたがい、電圧電流の相差角 γ の値のいかんにかかわらず、動作時間の投入位相 θ による変動の幅が大きくなり、また最短動作時間は減少する。すなわち α が大きければ、ある特定な θ において現われる最短動作時間は短くなってゆく。しかし動作、不動作の限界である最小動作電流値は、 α や θ によって影響をうけないことが実験的に認められた。つまり動作するぎりぎりのところでは、動作時間はわれわれが運動方程式を用いて考えてきた範囲よりはるかに長くなり、実際には α および θ による過渡状態の異常トルクは無視できて、定常状態のトルクだけが継電器の動作に関与する。したがって、1 サイクル以上の動作時間の継電器を問題にする限り最小動作電流は直流分によって影響をうけることなく、これが誤動作の原因となることはない。

(4.2) 電圧あるいは力率が極度に低いとき 通常系統の故障中には電流が激増する代わりに、電圧、力率は著しく低下するから、このような条件に対しても上記の計算式が成立するかを検討してみる。第 1 表は

(5-1) 式に電圧コイルの位相角 ϕ_0 を考慮に入れた計算結果が実測値とよく合うことを示す。したがって、このような場合についても第 7 図のような α と継電器時間の計算結果が使える、これによると $\alpha=0$ における電流コイルの電流が同じならば動作時間は第 7 図より当然長くはなるが、曲線の形はほぼ同じような傾向を示し、継電器時間は α の増大によりおよそ半サイクル短くなる。

結 論

以上のように本論文では、電流計形電力継電器を例にとり、電流直流分により動作特性のうける影響を運動学的に解析した。おもな結論をまとめると、

(1) 運動方程式による理論式と実測とはよい一致を示している。また運動方程式の係数は継電器の $I-t$ 特性から簡単に決められる。

(2) 直流分による継電器時間への影響はストップが有るものでは $\alpha=100\%$ でいくぶんのびるが、これ以上の直流分に対しては $\alpha=0$ のときより約 0.5 サイクル短くなる。しかしストップの無いものでは、場合によっては 0.75 サイクルぐらい長くなることもある。

(3) 継電器の過渡特性は、この例のような非直線性が問題とならないものでは、アナログ計算機によって充分正確に解析できるはずであるから、設計には充分活用すべきであろう。

終りに本研究にあたり有益な示唆を賜った後藤良教授、また継電器使用の便を与えられた富士電機製造株式会社に感謝するとともに、卒業研究の一部として研究された石井敏雄、田上邦治君の努力に負うところが大きかったことを付記する。

(昭和 35 年 10 月 11 日受付)

高周波入力用磁気増幅器の一方式とその応用例*

資料・論文

36-56

正員 成瀬民也[†]

1. 緒 言

磁気増幅器の制御入力としては、従来おもに直流あるいは磁気増幅器電源周波数にくらべて非常に低い周波数の交流、もしくは磁気増幅器電源と同じ周波数の交流などが用いられてきたが、磁気増幅器をより高い周波数の制御入力に対して動作させることの必要な場合も考えられる。たとえば、第2調波磁気増幅器の出力段として用いる場合や、同期発電機出力周波数調整、電動機の回転数調整を行う際にこれらと共通の軸に取り付けた高周波速度発電機と共振回路を用いた速度検出により制御を行う場合などである。高周波速度発電機と共振回路とによる速度検出を行えば、同期発電機の出力周波数を直接共振回路に加えて検出を行う場合にくらべて、共振回路の L, C とともに小さな値でよく、充分な共振先鋭度も得られ、また直流速度発電機の場合のように整流子とブラシの接触に基づく脈動や雑音によって調整精度が制限される懸念は少なく、容易に精度の高い調整を行うことができる。このほか、可聴周波数程度の信号によって変調された有線もしくは無線搬送波の受信検波出力によって磁気増幅器を動作させる場合に、前段に狭帯域フィルタを付加し、ある特定の信号周波数に対してだけ動作させるようにすると、多数個の磁気増幅器にそれぞれ帯域の異なるフィルタを付加し、それら多数個の磁気増幅器のうち、ある特定の磁気増幅器だけを送信信号周波数を変えて選択的に動作させ、遠隔多重制御を行うことも考えられる。

かかる見地から、高周波制御入力に対して動作し、特にインピーダンス整合などに対して寛容で、なおかつ、現在広く利用されている直流制御入力用磁気増幅器をそのまま効率よく結合しうる高周波入力用磁気増幅器回路を提案し、その回路構成、動作原理、実験結果などについて述べ、その実施の一例として、単相交流発電機出力の電圧および周波数調整を行った結果を示す。

2. 入力回路構成および動作原理

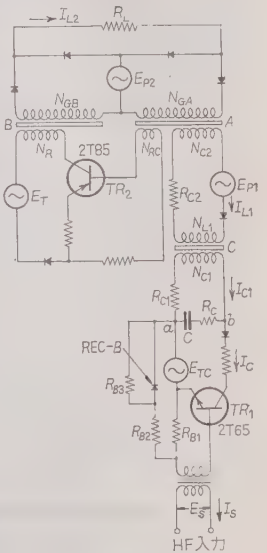
高周波入力信号を磁気増幅器で増幅する場合に、あまり入力信号を増幅しないで直ちに磁気増幅器に結合できることは、効率、特性、使用上の点などで望ましい場合が多く、本稿で述べる回路はこのような目的につごうのよいものである。この回路は初段磁気増幅器前段に、トランジスタ・エミッタ接地B級増幅類似の回路を有しており、初段磁気増幅器は半波形磁気増幅器とし、全波もしくは交流の出力を必要とする場合には、出力段を半波制御全波出力磁気増幅器⁽¹⁾とする。第1図に示すようにトランジスタ TR_1 には、電源 E_{TC} から磁気増幅器電源と同周波数の交流を半波整流して供給し、初段磁気増幅器のリセット半周期の間だけ、入力信号電圧もしくは電流に応じたコレクタ電流をその制御巻線に流して、鉄心をリセットする。この入力信号周波数(f_a)は磁気増幅器電源周波数(f_p)の数十〜数百倍程度が適当であり、装置を全制御範囲にわたって動作さ

第1図 高周波入力用
磁気増幅器回路

第 1 図 高周波入力用
磁気増幅器回路

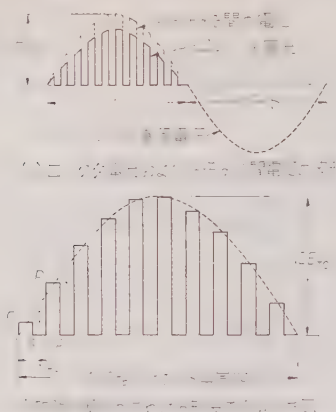
せる際に必要な入力信号電圧 および 電流は通常 1~2 V, 数百マイクロアンペア以下程度である。

第1図でトランジスタ TR_1 に高周波入力が与えられると、磁気増幅器のリセット半周期の間には入力信号に応じたコレクタ電流が流れるが、これは第2図(a)の実線のように、リセット半周期の間に $f_s/2f_p$ 回くり返すくし形の波形であるから、適当な容量のコンデンサ C により平滑化して、磁気増幅器の制御巻線に加える。この平滑化作用のために、制御電流は高周波半波電流の休止期間〔たとえば第2図(b)の R -



* Magnetic Amplifier for the Low Level High Frequency Signals and its Application. By, T. NARUSE, Member (Faculty of Engineering, Yamagata University).

† 山形大学工学部電気工学科，電気機械講座



第2図

$O', R'-O''$ 期間] 中にも C の放電によって供給され、制御入力に対しかなりの増倍効果がある。すなわち磁気増幅器の入力回路においてはトランジスタの増幅作用と、平滑コンデンサによる制御効果増倍作用との両者により、磁気増幅器の制御入力は著しく改善される。

また磁気増幅器のゲート半周期には制御回路インピーダンスを高めて、制御特性を良好にするために、整流器 (REC-B) と、抵抗 R_{B1} , R_{B2} とからなる半波交流バイアス回路 (第1図参照) を設け、ベースに負電位を与えて、トランジスタのエミッタ-コレクタ間を非導通とする。また必要に応じて、入力が微少な場合にもなるべく零入力付近から動作し、不感帯を少なくするように、リセット半周期の間は REC-B と並列にそう入した抵抗 R_{B3} と R_{B1} , R_{B2} により適当な正電位を与えるバイアス回路を加える。

3. 制御回路巻線に並列にそう入した

容量 C の作用

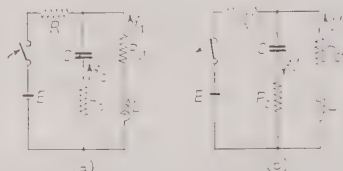
初段磁気増幅器の充分なリセットのためには、上述のように並列容量 C のそう入が必要で、磁気増幅器の制御特性はこの値によって大きく左右される。すなわち、後述の実験結果において示すとおり (第12図, 第13図参照) 適当値の C をそう入すると、 C をそう入しない場合、またはその値が不適当な場合にくらべて格段にすぐれた特性となる。それゆえ磁気増幅器のリセット半周期およびゲート半周期において、 C がどのような作用をしているか検討することは必要である。そこでまず C とともに制御巻線 NC_1 , 抵抗 RC_1 , R_C によって形成される閉回路における C の放電電流、コレクタ電流による C の充電電流、コレクタ電流

が直接鉄心をリセットする際の制御電流などの時間に対する特性を求め、最良の制御特性を与えるときのそれらの間の時間的關係を調べる。抵抗 RC_1 は上述の閉回路中にあるため、もちろんその値は制御特性に影響し、適値のあることが予想されるが、実験結果によればこの値の適値範囲は割合広く、通常の磁気増幅器の制御回路抵抗と同等、もしくはそれよりいくぶん大きい程度の値としてさしつかえない。 RC_1 の制御特性に対する影響の仕方は後述の実験結果においてさらに詳しく述べるが、 C とは趣を異にし、増幅度にはあまり影響せず、適当値の RC_1 によって出力の制御動作範囲が大きくなるという効果がある。 R_C はトランジスタの導通の際に C への突入電流によって、トランジスタの接合部が破壊されるのを防ぐに足るものであればよい。また磁気増幅器のゲートの際、制御巻線に誘起される電圧があまり大きくないときは、 R_C の値をいくぶん大きくし、 RC_1 の作用を兼ねさせ、 RC_1 をはぶくことも可能である。

上述の閉回路の動作を考察するに際し、まずリセット半周期に着目し、トランジスタ出力として第1図の端子 $a-b$ 間に加わる電圧、すなわち第2図 (a) を第2図 (b) の方形波電圧をもって近似し、制御巻線 NC_1 のインダクタンスを L とする。いまリセット半周期にはいると同時に第2図 (b) の方形波電圧 $OPQR$ が $1/2 f_s$ (s) の間加わるものとすると、次の $1/2 f_s$ (s) 間は印加電圧はなく、次の $1/2 f_s$ (s) の間方形波電圧 $O'P'Q'R'$ が印加される。次の $1/2 f_s$ (s) 間にはまた印加電圧はなく、結局リセット半周期の間かかる動作が $f_s/2 f_p$ 回くり返されることになる。最初の $1/2 f_s \times 2s$ すなわち入力信号の1サイクルについてまず考えてみるが、残りの $(f_s/2 f_p - 1)$ 回に対しても同様に考えることができる。

第2図 (b) でリセット開始の時点を実点とすると、 $0 \sim 1/2 f_s$ (s) の期間は等価的に第3図 (a) の回路で、 $t=0$ において直流電圧 E を印加した場合となる。したがって

$$i_1 = E \left\{ \frac{1}{RC_1 + R} + \frac{RCP_1 + 1}{2AP^2 + BP_1} e^{P_1 t} \right\}$$



第3図 リセット半周期中の並列容量 C の作用の説明図

$$\left. + \frac{RCP_2 + 1}{2AP_2^2 + BP_2} \varepsilon^{P_2 t} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

$$i_2 = E \left\{ \frac{LCP_1 + R_1 C}{2AP_1 + B} \varepsilon^{P_1 t} + \frac{LCP_2 + R_1 C}{2AP_2 + B} \varepsilon^{P_2 t} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに

$$P_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4AS}}{2A}$$

$$P_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4AS}}{2A}$$

$$\text{ただし } A = (R + R_C)LC, \quad S = R + R_{C1}, \\ B = (RR_{C1} + RR_C + R_{C1}R_C)C + L$$

で与えられる。

また次の $1/2 f_s \sim 1/f_s$ の期間, においてはトランジスタは開路されて C に蓄えられた電荷が L, R_{C1} を通して放電し, 第3図(b)のスイッチを開いた場合と等価になると考えられる。それゆえ $1/2 f_s \sim 1/f_s$ の期間は R_{C1}, R_C, L, C の直列回路の過渡現象として取り扱うことができ, この回路は回路定数間の関係で次の場合に分類される。

$$(a) \quad R_{C1} + R_C > 2\sqrt{L/C} \quad (\text{対数的減衰})$$

$$i_1' = \frac{E}{R_{C1} + R_C} \varepsilon^{-\alpha t} \left(\cosh \beta t + \frac{R_{C1} - R_C}{2\beta L} \sinh \beta t \right) \dots\dots\dots (3)$$

ただし

$$\alpha = \frac{R_{C1} + R_C}{2L}, \quad \beta = \sqrt{\frac{(R_{C1} + R_C)^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}}$$

$$(b) \quad R_{C1} + R_C = 2\sqrt{L/C}$$

(対数的減衰: 臨界状態)

$$i_1' = E \left\{ \frac{1}{R_{C1} + R_C} (1 - \alpha t) - \alpha^2 C t \right\} \varepsilon^{-\alpha t} \dots\dots\dots (4)$$

$$c \quad R_{C1} + R_C < 2\sqrt{L/C} \quad (\text{振動的減衰})$$

$$i_1' = \frac{E}{R_{C1} + R_C} \varepsilon^{-\alpha t} \left(\cos \omega t + \frac{R_{C1} - R_C}{2\omega L} \sin \omega t \right) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ただし } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{(R_{C1} + R_C)^2}{4L^2}}$$

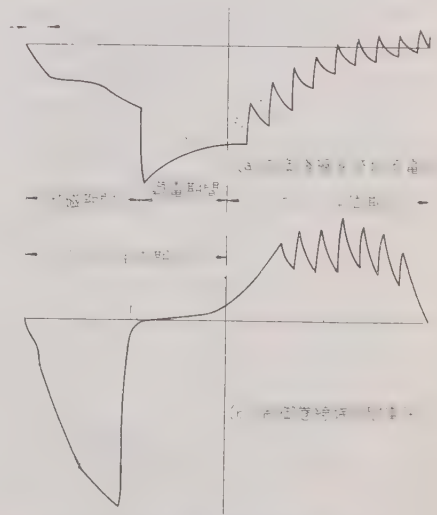
実験結果によれば, これらのうち最良の動作状態を与えるのは上述の(a)の場合に該当しているので, 以下はこの場合だけについて考察する。充分なリセット効果をあげるには $1/2 f_s \sim 1/f_s$ 期間における C の放電量が多いことが望ましく, このためには充分なトランジスタ電源電圧 E_T とともに C の値も大きいほう

がよいが, C の値は次の理由により制限される。すなわち, ゲート半周期の励磁期間には, ゲート側からの作用で制御巻線に電圧を誘起するが, この電圧はリセット半周期のコレクタ電流による C の充電とは逆極性に C を充電する極性であり, 次のリセット半周期のコレクタ電流による C の充電を妨げ, 充分なリセット効果が得られなくなる。それゆえ, ゲート半周期の励磁の際に制御側に誘起された電圧によって充電された電荷は, ゲート半周期の導電期間内に充分放電させる必要があり, C をあまり大きくしてこの放電時間を長引かせることは, かえって特性を低下させる。

ゲート半周期の導電期間における放電特性は, 導電期間に移った瞬間の C の両端電圧を E' , 放電電流を i'' とすれば

$$i_1'' = -\frac{E'}{\beta L} \varepsilon^{-\alpha t} \sinh \beta t \dots\dots\dots (6)$$

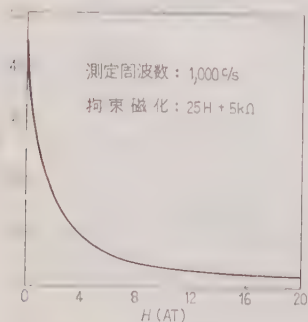
で与えられる。最良の制御特性を与える C の値の場合について, 上述の諸式によって充放電電流を求めた結果によると, リセット半周期の $0 \sim 1/2 f_s$ 期間における C の充電時間は短く, ゲート半周期の導電期間中の C の放電時間のほうが長く, これが制御特性の良否によりいっそう顕著に影響していると考えられる。結局, リセット半周期の $1/2 f_s \sim 1/f_s$ 期間に対しては放電量が多くて充分にリセット効果を改善し, ゲート半周期には, その励磁期間に C を充電した電荷を導電期間内にすみやかに放電しうることが望ましく, この二つの互に相反した作用の双方にとって折り



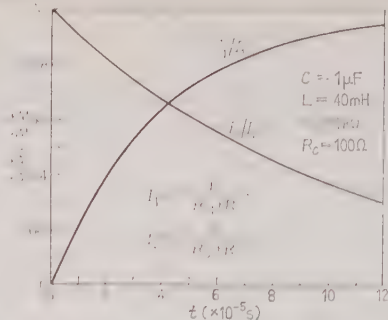
第4図 磁気増幅器の一周周期期間における制御巻線の電流および電圧の波形

合いのつく C の値が R_{C1} , L , R_C と関連して決まり、これが最良の制御特性を与える C の値となる。第4図には動作中の C の充放電の際の一周期間についての波形の一例を示すが、(a) は制御巻線を通る電流、(b) はその際の制御巻線の端子間電圧である。この二つの波形は最良制御特性の際のオシロスコープ上の波形から得られたものである。ここで最良の制御特性というのは、後述の実験において基準の入力信号周波数として使用した $f_a = 1,000 \text{ c/s}$ に対して最良という意味で、実験例では $C = 1.0 \sim 1.5 \mu\text{F}$ の範囲のとき最良の状態にある。

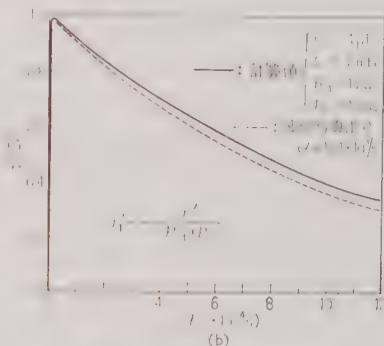
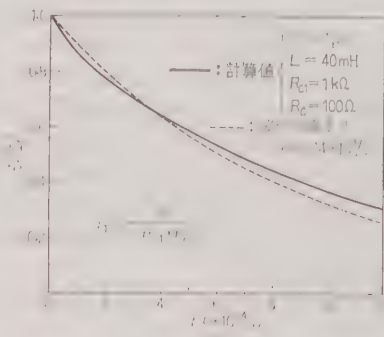
上述の (1)~(3), (6) 式によって充放電特性を考察する際に注意すべきことは、各モードにおいて L の値が非常に異なるということである。いずれも鉄心上に巻かれたコイルのインダクタンスであるから、その電流によって影響されることはもちろんであるが、角形特性の鉄心を用いた本稿では、リセット半周期中の L は近似的に不飽和時のインダクタンスで考え、ゲート半周期の導電期間中には鉄心は飽和しており、導電期間中の C の放電電流の方向は鉄心をより飽和へもたらす方向であるから、この際の L の値は飽和インダクタンスであるとして取り扱うことにする。使用した鉄心の L の値を種々の磁化状態において実測した第5図によると、不飽和の場合から十分に飽和した場合まで図示のように大幅に変化しており、次の特性計算では L の値として 40 mH および 2 mH を用いた。第6図および第7図 (a) (b) の実線はこれらの L の値と (1)~(3), (6) 式とにより、実験結果において最良の制御特性を与える際の回路定数 C , R_{C1} , R_C などを用いて行った計算結果であり、また第7図 (a) (b) の破線は波形写真を基として行った計算結果である。すなわち、後者はそれらの曲線が減衰をする範囲では単純な指数関数 e^{-at} の形をとるものと仮定し、波形



第5図 種々の磁化状態における制御巻線インダクタンス



第6図 i_1 , i_2 の時間的推移



第7図 i_1' , i_1'' の時間的推移

写真から近似的な α の値を定め、これによって求めた曲線である。それゆえ (b) 図では i_1'' が減少をはじめの転移点 P 以後についてだけ取り扱ってある。これら二つの方法によって求めた曲線の間にはあまり著しい差異はなく、実際の動作もこれに近いものと考えられる。第6図の曲線から、コレクタ電流によって直接リセットされるときの制御電流 i_1 は $1 \times 10^{-4} \text{ s}$ でほぼ確立され、リセットに与えられる期間 $1/2 f_a \sim 1/f_a$ (s) の期間 (この場合は $1 \times 10^{-3} \text{ s}$) は充分動作を行う範囲である。またコレクタ電流により C を充電する際の充電電流 i_2 もこの期間で充分動作を完了し

うる。次に第7図 (a) (b) の C の放電に関係した特性をみると、おもなる動作時間はいずれも $10^{-4} \sim 10^{-3}$ s の範囲にあり、 i_1, i_2 の約 10 倍の動作時間を必要とする。リセット効果を改善するには i_1' があまり減衰しないうちに、次のコレクタ電流による直接のリセット期間に移るほうが効果的であり、入力信号周波数が高いほど制御特性は改善される。これは後述の実験結果によってもみとめられる。また導電期間の放電はすみやかなほどよいが、これは磁気増幅器の電源周波数との関係で考察すべきものである。

いま第7図 (a) (b) において、 i_1', i_1'' の I_1', I_1'' に対する値が 37% となるまでの時間を τ', τ'' とすれば、図の実線の曲線で考えて

$$1/f_s \leq \tau' \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{1}{22} \times \frac{1}{f_r} \geq \tau'' \quad \dots\dots\dots (8)$$

が最良動作範囲を決定し、与えられた鉄心に対し、入力信号周波数の範囲、磁気増幅器電源周波数、最適の C の値はこれにより相互に関係する。この関係からだけみると入力信号周波数の上限は与えられないが、実際には入力周波数が著しく高くなると、制御巻線の分布容量が無視できなくなり、実質的には C の値が変化したことになるので、特性は低下してくる。それゆえ入力信号周波数が高いところで使用する場合は、分布容量を考慮して C の値を決める必要がある。

4. 実 験 結 果

第1図の磁気増幅器回路に対し、入力信号電流 (平均値)、または電圧 (実効値) に対する出力段の出力電流値を、入力周波数、回路定数、(C および R_{C1}) 電源電圧、負荷抵抗の種々の値について測定し、上記諸要素の制御特性に対する影響を検討するとともに、波形撮影を行い各部電圧、電流の動作中の状態を示した。実験に使用した鉄心の寸法、材質、巻線巻回数は第1表のとおりである。

(4.1) 通常の磁気増幅器制御特性との比較 第8

第1表

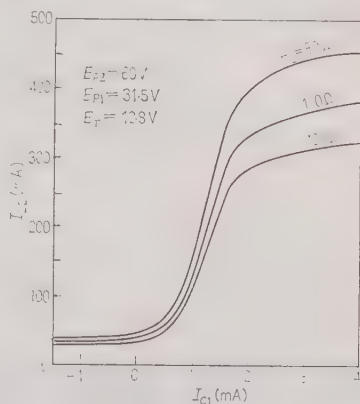
リアクトル A		リアクトル B	リアクトル C
材質	セ ン プ ル タ		
形状	巻 鉄 心		
寸法*	0.1×20×50×70		0.1×10×25×35
巻線の巻回数	$N_{CA}=1,700$	$N_{CB}=1,700$	$N_{L1}=2,850$
	$N_{C2}=380$	$N_R=210$	$N_{C1}=300$
	$N_{RC}=175$		

* (厚さ)×(高さ)×(内径)×(外径) (mm)

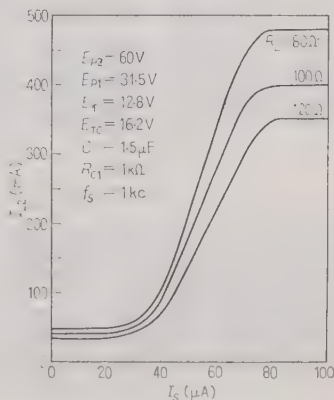
図は後述の高周波入力に対する制御特性との比較のために、2段の磁気増幅器部分だけについて、初段半波形磁気増幅器リセット半周期の間、半波入力 (KX-80 半波接続) を加えて、基本的制御特性を求めたものである。第9図は第1図の回路により、一定入力周波数 (1kc) において測定した高周波入力による制御特性であって、入力電流値 (I_s) は図中の諸数値に対し、ほぼ $80 \mu A$ で飽和に達し、その実用制御範囲における直線性はむしろ第8図の場合よりすぐれており、出力電流範囲は第8図の場合とはほぼ同様である。

(4.2) 種々の入力信号周波数に対する制御特性

種々の入力信号周波数に対する初段磁気増幅器出力電流 (I_{L1}) および 出力段磁気増幅器出力電流 (I_{L2}) と入力電流 (I_s) の関係は第10図に示してあるが、入力周波数によって制御特性は大きく影響され、一定

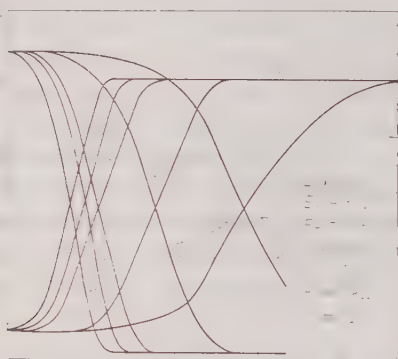


第8図 第1図の入力回路のない場合の磁気増幅器だけの制御特性

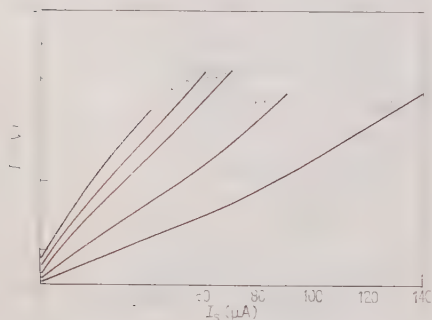


第9図 種々の抵抗負荷に対する第1図の制御特性

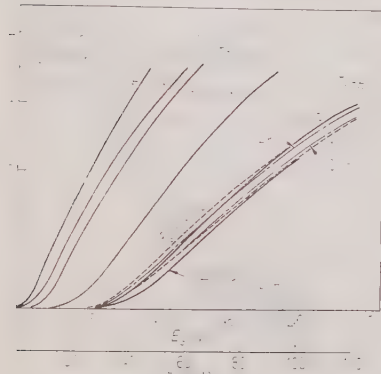
回路状態に対し、最適周波数があることを示している。このような入力周波数による特性の差異はおもにトランジスタの入力変圧器の特性に依存するものと考えられ、(第 11 図) 入力電流もしくは入力電圧とトランジスタ出力電流の関係を示す第 12 図のうち、入



第 10 図 入力信号周波数を種々に変えた場合の制御特性 (入力電流について測定)



第 11 図 入力電流、電圧間の関係

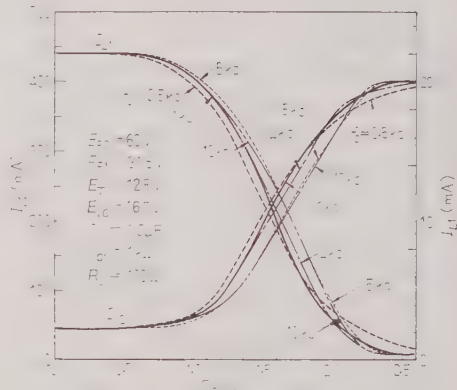


第 12 図 入力信号周波数を種々に変えた場合の入力電流とコレクタ電流の関係

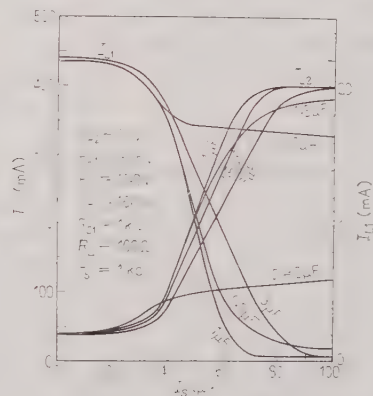
力電流に対する特性によれば、ここですでに入力周波数によって顕著な影響をうけている。しかしながら同図の入力電圧に対する特性では周波数による影響は少なく、第 9 図の入力電流の場合と同様に入力電圧に対して測定した第 13 図の磁気増幅器制御特性では、第 8 図にくらべて周波数の影響は少ない。各入力周波数による制御特性を同一にすることの必要な場合には、入力は電圧を基準として与えるほうがつごうがよいと考えられるが、以下の測定では各パラメータの変化の影響が顕著に現われやすい入力電流値に対する制御特性を主とし、入力電圧に対する制御特性は主要なものだけについて示す。

(4・3) 並列容量 C の種々の値に対する制御特性

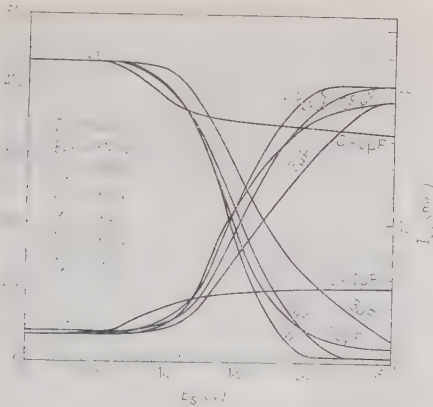
第 14 図は初段半波形磁気増幅器制御巻線に並列にそう入したコンデンサ C の容量を種々に変化した場



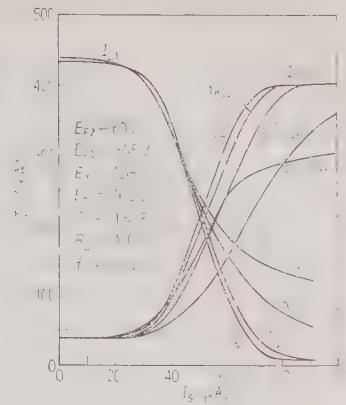
第 13 図 入力信号周波数を種々に変えた場合の制御特性 (入力電圧について測定)



第 14 図 並列容量 C の種々の値に対する制御特性 (入力電流について測定)



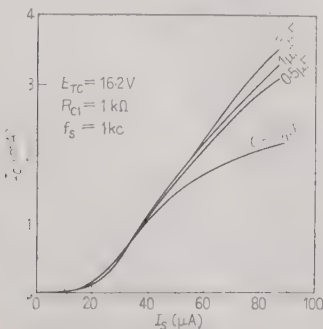
第 15 図 並列容量 C の種々の値に対する制御特性 (入力電圧について測定)



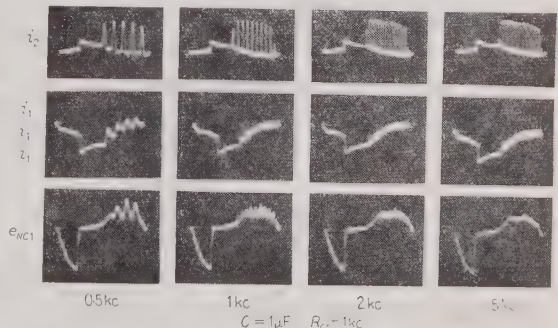
第 17 図 初段制御回路抵抗 R_{c1} の種々の値に対する制御特性

合の入力電流に対する磁気増幅器制御特性であって、これにより制御特性は著しい影響を受ける。さらに高周波入力を半波整流して直接制御巻線に加えた場合には、充分にリセットが行われないことを述べたが、第 14 図における $C=0\mu F$ 、すなわち制御巻線端子間に並列な容量 C を除去した場合がそれに相当し、図示のとおり適当値の容量をそう入した他の場合に比較して格段に特性が劣り、前述の所論のように C をそう入することの意義が明確に示される。第 15 図は同様の測定を入力電圧に対して行ったものであり、第 14 図同様 C の値の制御特性におよぼす影響は著しい。第 16 図は入力電流に対するコレクタ電流の特性である。

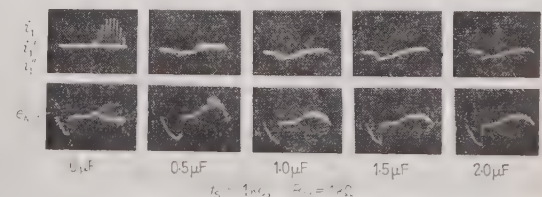
(4.4) 初段磁気増幅器制御回路抵抗 R_{c1} の種々の値に対する制御特性 初段磁気増幅器制御回路抵抗 R_{c1} のそう入の有無は、 C のそう入の有無ほど制御特性に対する影響は著しくないが、やはり適当な値の抵抗のそう



第 16 図 並列容量 C の種々の値に対するコレクタ電流



(a) 入力信号周波数を種々に変えた場合

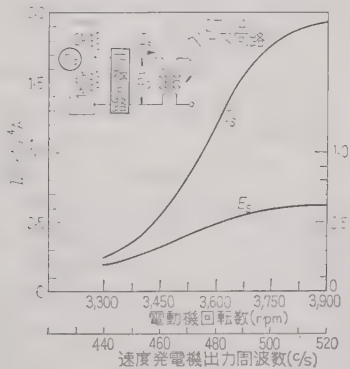


(b) 初段磁気増幅器制御巻線に並列な容量 C を種々に変えた場合

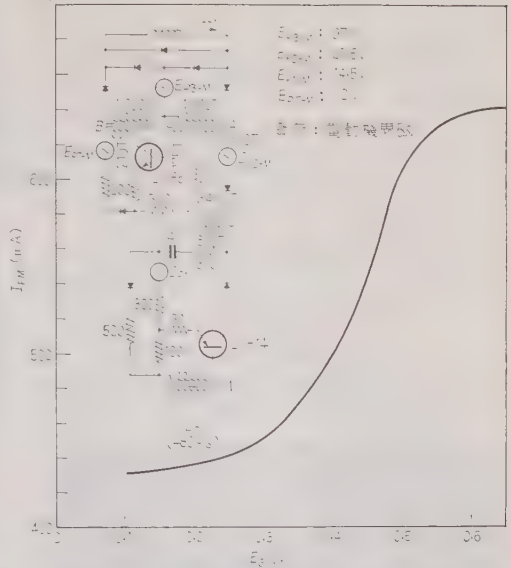
第 18 図 各部の電流電圧波形

の全結線図を示したものであるが、以下においては駆動用直流電動機の回転数調整に関する部分だけについて述べる。

(5・1) 駆動用直流電動機の回転数調整 駆動用電動機界磁制御による出力周波数調整に際し、速度検出には軸に直結した高周波形速度発電機を使用し、その出力を L - C 並列共振回路を組み合わせた検出回路に加えて、回転数変化に基づく周波数変化を電圧変化となし、これを高周波入力用磁気増幅器の入力として加える。磁気増幅器が小さな高周波入力によって作動しうるために、発電機出力周波数 (60 c/s) で検出する場合にくらべ、検出用 L - C 共振回路の L , C ともに小さな値でよく、また共振先鋭度も充分なものとなしうるから、回路の簡単な割に調整精度は高く、無負荷から全負荷の範囲にわたって、出力周波数は 60~59.90 c/s 以内に調整し得た。(室温 8~10°C) 第 22 図は電動機回転数および速度発電機出力周波数と高周波入力回路における入力電圧および電流の関係を示したものであり、第 23 図は入力信号周波数として一定周波数 480 c/s (電動機回転数 3,600 rpm, 発電機出力周波数 60 c/s に相当) を可聴周波発生器から与えて測定した入力信号電圧に対する磁気増幅器出力段出力電流の特性である。負荷として使用した電動機の界磁を用い、各部電源電圧は実際の運転状態と同一値として測定した。使用磁気増幅器の鉄心材質、寸法、巻線巻回数などを第 2 表に示し、回路は第 23 図中に示した。初段磁気増幅器入力回路におけるトランジスタは P-N-P 形 (2T 14) であり、極性関係は第 1 図とは異なり、またトランジスタ入力変圧器および磁気増幅器初段鉄心の材質、特性、巻線



第 22 図 電動機回転数および速度発電機出力周波数と高周波入力回路における電流電圧との関係



第 23 図 電動機回転数調整用磁気増幅器回路およびその制御特性

巻回数などは第 1 図のものとは同一ではなく、その他も若干変更を加えた。

(5・2) 定電圧、定周波数に対する総合調整結果

上述の電動機および発電機両者の界磁調整を同時に行い、無負荷から 130% 負荷までの負荷変動に対し第 24 図の結果を得た。図中の各曲線は各負荷電流変

第 2 表

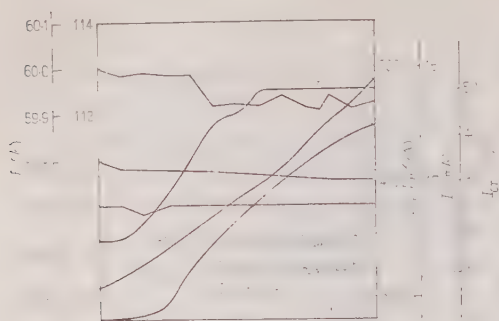
(a) 電動機用磁気増幅器

	リアクトル A	リアクトル B	リアクトル C
材質	セ ン デ ル タ		センバーマックス
鉄心形状	巻 鉄 心		
寸法*	0.1×20×50×70		0.1×10×25×35
巻線の巻回数	$N_{GA}=1,700$	$N_{GB}=1,700$	$N_{L1}=3,400$
	$N_{C1}=380$	$N_R=210$	$N_{C1}=500$
	$N_{RC}=175$		

(b) 発電機用磁気増幅器

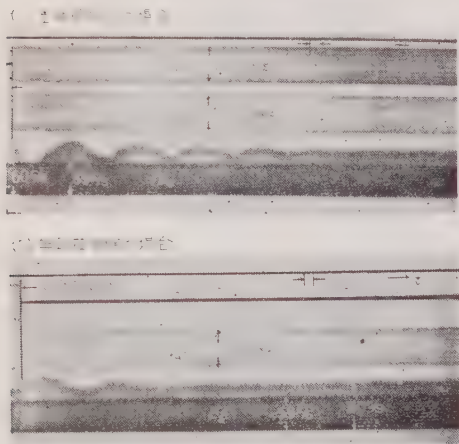
	リアクトル A	リアクトル B	リアクトル C
材質	セ ン デ ル タ		
鉄心形状	巻 鉄 心		
寸法*	0.1×20×50×70		0.1×10×25×35
巻線の巻回数	$N_{GA}=1,700$	$N_{GB}=1,700$	$N_{L1}=2,850$
	$N_{C1}=380$	$N_R=210$	$N_{C1}(1)=400$
	$N_{RC}=175$		$N_{C1}(2)=40$
			$N_B=300$

* (厚さ)×(高さ)×(内径)×(外径) (mm)



I_{FM} , I_{FC} は乾流整流器の外側における値

第 24 図 出力電圧および周波数調整結果 (総合特性)

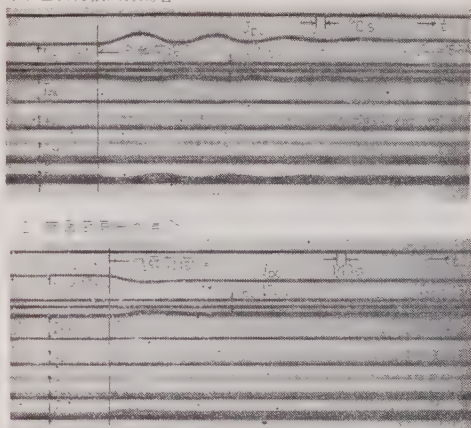


第 25 図 全負荷投入および無負荷復帰の際の過渡特性 (発電機側の出力電流, 電圧, 周波数)

化に対する同時測定によって得たものであり、上述の負荷変動範囲に対し、出力周波数は 60~59.90 c/s 以内、出力電圧変動は 110~109.8 V 以内に調整し得た。(室温 8~10°C, 起動後 1.5 h) 出力周波数偏差測定は、標準音片発振器で校正した電池式 L - C 形低周波発振器出力のオシロスコープ上の 1:3 リサージュの図形による。

第 25 図および第 26 図は無負荷において急に全負荷を印加した場合および全負荷から無負荷へ復帰した場合の過渡特性を、負荷回路スイッチと電磁オシログラフを連動させて撮影した結果で、第 25 図は発電機出力電流 (I_{AC})、出力電圧 (V_{AC})、速度発電機出力電圧 (E_a) を示し、特に出力周波数 (電動機回転数) の過渡的な量的変化を明示するために、二重露出により 59 c/s における速度発電機出力を加えてある。第 26 図はこの際における電動機側だけの各部における過渡特

(1) 全負荷投入の場合



第 26 図 全負荷投入および無負荷復帰の際の過渡特性 (電動機各部の電流)

性を示し、上から順に電動機負荷電流 (I_{DC})、電源電圧 (V_{DC})、界磁電流 (I_{FM})、初段磁気増幅器出力電流 I_{L1} 、初段磁気増幅器制御電流 (I_{C1})、コレクタ電流 I_C である。

6. 結 言

磁気増幅器の高周波入力信号による速隔多重制御、高周波形速度発電機を用いた速度検出装置との結合による電動機回転数制御、第 2 調波形磁気増幅器の出力段用磁気増幅器などとしての用途を開拓する意図のもとに、高周波入力によって動作する磁気増幅器回路を提案し、動作原理および実験結果を示した。単に高周波入力に対して動作するというにとどまらず、高周波入力信号回路との間のインピーダンス整合などに対し寛容で結合が容易であり、かつ相当の制御増倍効果を期待することができ、制御特性は直流制御の場合以上に直線性がよく、結合のために過渡特性の著しい低下は見られない。これらの結果はトランジスタ制御素子を使用するとともに、初段磁気増幅器制御回路に適当な値の制御回路抵抗 R_C および並列容量 C をそう入ることによって得られるものであることを指摘し、その作用について検討を加えた。また実施例として高周波形速度発電機を用いた電動交流発電機出力の電圧および周波数調整を行いその調整結果を示した。

終りに親しくご指導ごべんたつを賜った東北大学菊地正教授のご厚意に深く謝意を表し実験に協力された鈴木春男氏に感謝する。(昭和 35 年 10 月 21 日受付)

文 献

- (1) 成瀬：電学誌 80, 1 (昭 35)
- (2) 成瀬・鈴木：昭 35 連大 581

UDC 621.318.435.32.025.3

三相直列形可飽和リアクトルの動作解析*

(拘束磁化, 抵抗負荷Y結線の場合)

資料・論文

36-57

正員 小 林 寛†

1. ま え が き

三相の可飽和リアクトルにはまだ動作解析があまり詳細には行われておらず, わずかに二三の論文が発表されているだけであり, 単相の場合とどのように異なってくるかよくわかっていない。しかし, 応用面では自励複巻式交流発電機の発達に伴ない多数の直列形可飽和リアクトルが使用されている。そこで筆者は三相の直列形可飽和リアクトルに関して詳細なる解析を行い, その設計の基礎を作るとともに経済的な方式や構造について研究を行ったので, ここにその結果を報告する。

通常の三相変圧器や三相変流器などにおいては, 各相の交番磁束のおおのほにほとんど完全に鎖交する巻線を設け, これら各相の巻線をすべて直列に環状接続し, 各相の鉄心内の交番磁束変化の和が常に零になるようにすることができるが, 三相可飽和リアクトルにおいてもこのことは同様である。すなわち負荷巻線および制御巻線の他に負荷巻線と並列に第3の巻線を施し, これを三相環状に接続することができる。このような三相可飽和リアクトルを「三次巻線 (第3の巻線の意味) の△接続有りの場合」と呼ぶことにする。後述するようにこの三次巻線の△接続がある場合とない場合とではその負荷電流波形も制御特性も著しく異なっている。そこで筆者は以下に三相直列形可飽和リアクトルを, (i) 三次巻線△接続の無い形式, および (ii) 三次巻線△接続の有る形式の二つに大別して解析を行った。

解析にあたっては解析を簡単にするために

(i) すべて鉄心の磁化特性は第2図 (b) のような理想的角形特性である。

(ii) 制御回路は完全な拘束磁化条件である。

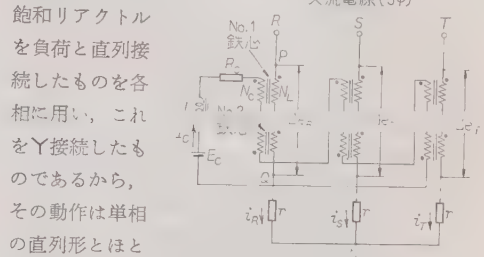
(iii) 負荷は各相とも抵抗値の等しい純抵抗とし, これをY結線したものとする。

(iv) 交流電源は完全な正弦波電圧で三相が完全に平衡しているものとする。

(v) 巻線の内部抵抗は無視する。
などの仮定を設けた。

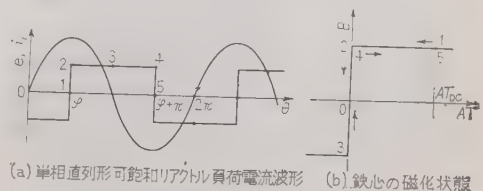
2. 三次巻線△接続の無い形式

(2・1) 回路 第1図に三次巻線△接続の無い三相直列形可飽和リアクトルの回路図を示す。この回路は単相直列形可



第1図 三相直列形可飽和リアクトル回路図
(三次巻線△接続無し形式)

中性点 N で常に零にならなければならないので動作がかなり異なってくる。すなわち単相の拘束磁化条件下での直列形可飽和リアクトルの負荷電流波形は, 「等アンペア回数の法則」が成立する範囲では第2図 (a) のように完全な方形波となるが, 第1図の回路では三相の負荷電流の和が常に零とならなければならないので, 第3図 (b)~(d) のようになる。このような負荷電流波形の得られるモードを第1モードと呼び, 次節にその解析を行う。なお三つの相はおおの $2\pi/3$ ずつ位相が異なるだけであるから, 負荷電流やリアクトル端子



(a) 単相直列形可飽和リアクトル負荷電流波形 (b) 鉄心の磁化状態

第2図 原理図

* An Analysis of Three Phase Series Type Saturable Reactors. (Under Constrained Condition with Star-Connected Resistance Load). By H. KOBAYASHI, Member (Faculty of Science and Engineering Waseda University).
† 早稲田大学第一理工学部応用物理学科

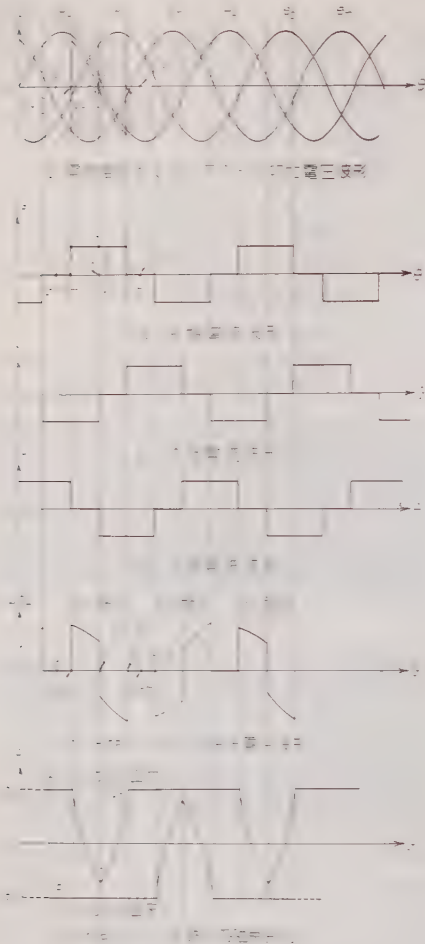


図3 第1モードの電流電圧磁束波形

電圧の波形解析はR相についてのみ行うことにする。

(2・2) 第1モードの解析 R相のリアクトルの2組の鉄心をNo.1鉄心およびNo.2鉄心と呼ぶことにする。この2組の鉄心は直流制御巻線の直流アンペア回数 $N_c I_c$ (N_c : 巻線巻数, I_c : 制御電流) で飽和しているから、交流電源電圧が印加されると $N_c I_c$ と等しいアンペア回数の負荷電流 i_L が流れようとする。(これを「等アンペア回数の法則」と呼ぶ) しかし三相回路では各相の負荷電流の瞬時値の和が常に零でなければならないから、すべての相の負荷電流の振幅が「等アンペア回数の法則」により定まる値すなわち $|i_L| = N_c I_c / N_L$ となることはできない。たとえばR相の電圧が正でR相に正の負荷電流 $i_R = N_c I_c / N_L$ が流れるとき、もしS相に $i_S = -N_c I_c / N_L$

なる電流が流ればT相の電流は零とならなければならない。R相からの電流 i_R がS相とT相とに分流する可能性はない。なんとなればもし分流するとすれば、S相、T相のリアクトルでは交流のアンペア回数が直流のそれを完全に打ち消し切らず、したがってS、T両相のリアクトルは飽和したままとなり、S、T両相間が短絡になってしまうからである。実際にはR相の負荷電流は正の半波の前半はS相に流れ後半はT相に流れるが、これはR相の負荷電流の正の半波のときS相のリアクトル鉄心No.1内の磁束が直流励磁によって定められた飽和値からもっともへだたった値に変化しており、ちょうどこれから再び飽和値へもどろうとしているときにあたっているのだから、S相の負荷電流が負の値 $i_S = -N_c I_c / N_L$ を保ち続けるからである。次にR相の正の半波の負荷電流がT相に流れるのも、ただ相をサイクリックにずらして考えれば同様の考えで説明される。このように各相の負荷電流は必ずずの割合で変動し、振幅は $N_c I_c / N_L$ の交流電流となる。3相の総負荷電流は常に零となる。したがって、各相の負荷電流は零であるとき、リアクトルは飽和してはいない。飽和状態のとき $N_c I_c$ がその磁束電流に一致してゐる。

第3図(a)～(j)の各波形は、図3(a)～(j)の各波形をそれぞれに示したものであり、(b)はR相の負荷電流、(c)はS相の負荷電流、(d)はT相の負荷電流、(e)はR相のリアクトル端子電圧、また(f)はR相のNo.1鉄心およびNo.2鉄心内の磁束変化の状態を示す。この第3図に基づいて負荷電流の交流電源電圧に対する位相遅れを求めることができる。すなわち定常状態では各リアクトルの鉄心内磁束の変化は、負荷電流の半サイクル間で再び出発点(飽和値)にもどらなければならないから、R相のリアクトルに印加されている電圧 Δe_R は、負荷電流の正の半波間について積分すれば零とならなければならない。R相の負荷電流の正の半波の間で、 Δe_R はR、T相電圧から負荷電圧降下 $i_R r$ を差し引いた値となり、正の半波の後半ではR、S相間電圧から負荷電圧降下を差し引いた値となる。そこでR相負荷電流の電源電圧に対する位相遅れを示すために、第3図(b)に示すようにR相負荷電流の零の区間の中央の位相角を φ とすると、 φ は負荷電流基本波の位相遅れを示し、これは

$$\int_{\varphi}^{\varphi+\pi} e_{RT} d\theta = \int_{\varphi+\pi/6}^{\varphi+\pi/2} e_{RS} d\theta - i_R r \int_{\varphi}^{\varphi+\pi} d\theta = 0 \quad (1)$$

であるから、交流電源電圧 e_R, e_S, e_T を

$$\begin{aligned} e_R &= e_m \sin \theta, \quad e_S = e_m \sin \left(\theta - \frac{2}{3}\pi \right), \\ e_T &= e_m \sin \left(\theta - \frac{4}{3}\pi \right) \end{aligned} \quad \dots (2)$$

とすると

$$\cos \varphi = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} \frac{NcIc}{N_L} \frac{r}{e_m} \dots \dots \dots (3)$$

と与えられた直流制御電流 I_c に対して求めることができる。単相の直列形可飽和リアクトルの電源電圧に対する負荷電流の位相遅れを φ_1 とすると

$$\cos \varphi_1 = \frac{\pi}{2} \frac{NcIc}{N_L} \frac{r}{e_m} \dots \dots \dots (3')$$

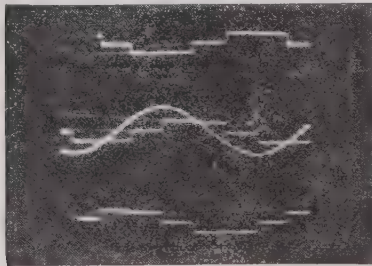
であるから、三相のほうが同一の制御電流に対して約 $1/1.3$ だけ $\cos \varphi$ の値が小さい。

なお、この第3図 (b) に示した負荷電流 i_R をフーリエ級数に展開すると

$$\begin{aligned} i_R &= \frac{NcIc}{N_L} \frac{4}{\pi} \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} - \frac{\sin 5\theta'}{5} - \frac{\sin 7\theta'}{7} \right. \\ &\quad \left. + \frac{\sin 11\theta'}{11} + \frac{\sin 13\theta'}{13} - \dots \right\} \dots \dots 4 \\ &\quad (\text{ただし } \theta' = \theta - \varphi) \end{aligned}$$

となる。

第4図に第1モードの負荷端子電圧波形(三相分)お

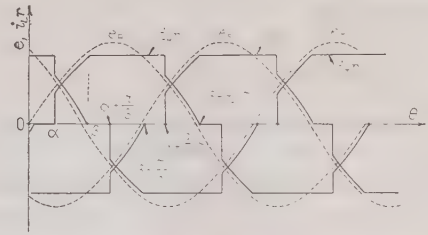


上から S, T, R 相の負荷端子電圧, 中央正弦波形は R 相電圧

第4図 第1モードオシログラム波形

よび R 相交流電源電圧 e_R のオシログラムを示す。負荷電圧は上から S, R, T 相の順であり, i_{Rr} のスケールは e_R と同一スケールとなるよう調整して撮影してあるから, 可飽和リアクトルが完全に飽和すれば, R 相負荷電圧 i_{Rr} と R 相交流電源電圧 e_R とは全く重なるようになっていく。なおこのオシログラムの撮影条件は第11図の制御特性上に示されている。このオシログラムから φ は 60° (弱) であることがわかるが, これは第11図に示された測定条件を(3)式に入れて得られる結果とはほぼ一致する。

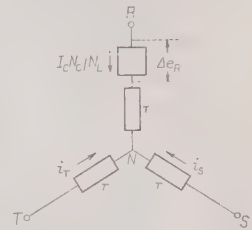
(2.3) 第2モードの解析 第1モードにおいてさ



第5図 第2モードの電圧電流波形

らに直流制御アンペア回数を増してゆくと負荷電圧が増大し, ついには第5図に示すように負荷端子電圧波形の左上端が削られるようになる。このモードを第2モードと呼ぶ。このモードではさきに決めた位相角 φ を用いて負荷電流 (I)

基本波の位相遅れを示すことはできない。そこで新しく第5図に示すように, R 相負荷電流 (I) の正の半波の立上がり点の位相角を α , 次いで「等アンペア回数の法則」の成立しはじめる瞬間の位相角



第6図 第2モードの1相不飽和区間の等価回路

を β とし, 制御電流に対する負荷電流波形の解析を行う。第2モードの特有の区間は α から β までの間であるが, この間では第6図の等価回路が成立する。そこでこの等価回路に対してキルヒホッフの法則を適用すると

$$e_{RT} = \frac{NcIc}{N_L} r + \Delta e_R - i_{Tr} \dots \dots \dots (5)$$

(ただし, $e_{RT} = e_R - e_T$)

$$e_{RS} = \frac{NcIc}{N_L} r + \Delta e_R - i_{Sr} \dots \dots \dots (6)$$

(ただし, $e_{RS} = e_R - e_S$)

$$e_{ST} = (i_S - i_T)r \dots \dots \dots (7)$$

(ただし, $e_{ST} = e_S - e_T$)

$$i_S + i_T + \frac{NcIc}{N_L} = 0 \dots \dots \dots (8)$$

となるから,

$$i_S = -\frac{1}{2} \left(\frac{NcIc}{N_L} - \frac{e_{ST}}{r} \right) \dots \dots \dots (9)$$

$$i_T = -\frac{1}{2} \left(\frac{NcIc}{N_L} + \frac{e_{ST}}{r} \right) \dots \dots \dots (10)$$

となる。位相角 $\beta + \pi/3$ では i_T が $(-NcIc/N_L)$ に達するため, $i_S = 0$ となるから, (9) 式から

$$NcIc/N_L - e_{ST}/r = 0 \dots \dots \dots (11)$$

(ただし, $\theta = \beta + \pi/3$)

となり、この式から

$$\sin\left(\beta-\frac{\pi}{6}\right)=\frac{r}{e_m\sqrt{3}}\frac{N_cI_c}{N_L} \dots\dots\dots(12)$$

が得られる。この式から β が I_c の関数として求められる。

次に第1モードと第2モードの間に、 R 相負荷電流の正の半波が、 R 相電源電圧 No. 2 線心に、端子電圧 e_{Rr} が加われば零となることから

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} \sin\alpha - \sin\beta - \frac{3}{4} (\cos\alpha + \cos\beta) \\ = \frac{N_cI_c}{N_L} \frac{r}{e_m} \left(\alpha - \beta - \frac{2\pi}{3} \right) \dots\dots\dots 13 \end{aligned}$$

が得られる。第1モードから第2モードへ移る点では $\alpha=\beta$ になり、式(12)と(13)から

$$\begin{aligned} \tan\alpha = \frac{1-\frac{1}{2}\sqrt{3}}{1+\frac{1}{2}\sqrt{3}} = 1.42 \dots\dots\dots 14 \\ \alpha = 55^\circ \end{aligned}$$

ゆえに $\beta=55^\circ$ (15)

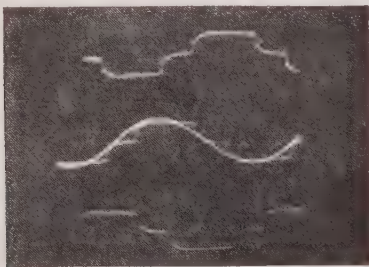
を得る。このとき $\theta=55^\circ$ となる。

$$N_cI_c/N_L r = 1.79 e_m \dots\dots\dots 16$$

となり、この式を式(12)に代入し、 $\cos\theta$ の値は

$$e_{Rr} = e_m \sin 55^\circ = 0.819 e_m \dots\dots\dots (17)$$

となる。これによって負荷電圧波が、相電圧波形に達する前、負荷電流の零に達して止めてくる。また $i_s=0$ となる点も、 R 相電源電圧 e_s に等しくなるところと異なっており、このとき、相電圧波形と負荷電圧波形は第5図のようになっている。第7図は第2モードの負荷電圧波形と、 S, R, T 相と、 R 相電源電圧の相対関係を示すベクトル図である。このベクトル図の最も重要な点、11図の相特性上にも示している。波形が理想的でなく不正確となるが、 α と β を求めてみると $\alpha=40^\circ, \beta=60^\circ$ であることがわかり理



上から S, R, T 各相負荷端子電圧、中央正弦波は R 相電圧

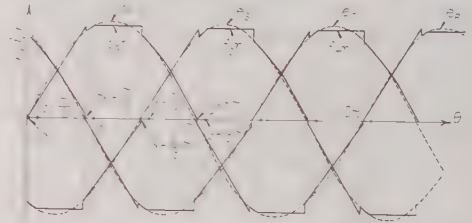
第7図 第2モードオシログラム波形

論とは一致することが確かめられる。

2.4 第3モードおよび第4モードの解析 第2モードにはいつからともさらに制御電流を増して負荷電圧を大きくしてゆくと、位相角 α は進み β は遅れて、ついに

$$\alpha + \pi/3 \leq \beta \dots\dots\dots (18)$$

となる。このようになると ($\alpha = 3^\circ$) から β までの間は第8図に示すように、すべての相のリアクトルが完全飽和して負荷電圧は電源電圧に一致してしまう。こ



第8図 第3モードの電圧電流波形

うように、このモードでは1区間では完全に飽和するモードで第3モードへ移る。第2モードから第3モードへの転移点も、18式を用いて導き出すところであり、そこでこれを式(13)に代入すると

$$\cos\beta = \frac{\pi}{3} \frac{N_cI_c}{N_L} \frac{r}{e_m} \dots\dots\dots 19$$

が得られる。式は第2モードでは $\theta=\beta$ において $i_R = N_cI_c/N_L, i_s = N_cI_c/N_L$ となり、 $i_T=0$ となるので、第2モードから第3モードへの転移点でも $\theta=\beta$ で $i_T=0$ が成立する。そこで $\theta=\beta=\pi/3$ で、19式の i_s は零となるので

$$\frac{N_cI_c}{N_L} \frac{r}{e_m} = \frac{3}{2} \sin\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos\alpha \dots\dots\dots 20$$

が得られ、これと(19)式とから

$$\tan\alpha = \frac{1-2\sqrt{3}}{\pi/2 - \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{2}{\pi} - \frac{1}{\sqrt{3}} \left. \dots\dots\dots (21) \right\}$$

ゆえに $\alpha=3^\circ 30'$

となる。そこでこのときには

$$\frac{N_cI_c}{N_L} \frac{r}{e_m} = \frac{3}{\pi} \cos\alpha \approx 0.953 \dots\dots\dots 22$$

次に、半サイクル間にリアクトルに印加される電圧の時間積分が零になることから

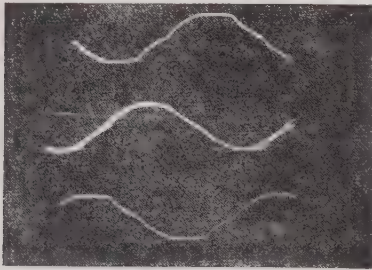
$$\cos\beta - \cos\left(\alpha + \frac{2\pi}{3}\right) = \frac{N_cI_c}{N_L} \frac{r}{e_m} \left(\alpha + \frac{2\pi}{3} - \beta\right) \dots\dots\dots (23)$$

が得られる。また電流の連続の条件から

$$\sin \beta = N_c I_c / N_L \cdot r \cdot e_m \dots \dots \dots (24)$$

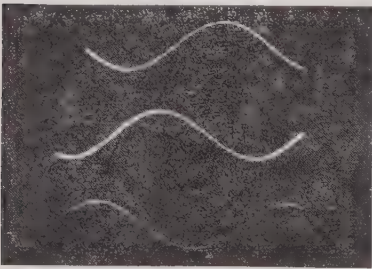
となる。この (23), (24) 式から α と β が求められる。このモードは $(N_c I_c / N_L \cdot r \cdot e_m) = 1$ になるまで、すなわち完全飽和に達するまで続く。

$N_c I_c / N_L \cdot r \cdot e_m > 1$ の場合には負荷電圧は完全に電



上から S, R, T 各相負荷端子電圧, 中央
正弦波は R 相電圧

第 9 図 第 3 モードオシログラム波形



上から S, R, T 各相負荷端子電圧, 中央
正弦波は R 相電圧

第 10 図 第 4 モードオシログラム波形

源電圧に一致するが、このモードを第 4 モードと呼ぶ。第 9 図に第 3 モード、第 10 図に第 4 モードのオシログラム波形を示す。オシログラム撮影の方法は他のモードと同様であり、オシログラムの条件は第 11 図中に記入してある。鉄心の特性が理想的な方形波でないで、第 3 モードのオシログラムは理論的に求められたものとちょっと異なっている。

(2.5) 制御特性 以上 (2.2) 節から (2.4) 節までに求めた結果を用いて、三相直列形可飽和リアクトルの二次 Δ 接続無しの場合の制御特性を求めることができる。

第 1 モードでは負荷電流波形は第 3 図 (b)~(d) のようになるから、負荷電流の 1 相分電流 i_L の整流平均值 \bar{i}_L は

$$\bar{i}_L = 2/3 \cdot N_c I_c / N_L \dots \dots \dots (25)$$

となる。制御電流対負荷電流 (整流平均值) の関係を図表化するにあたり、この関係を一般化するために \bar{i}_L

と I_c を無次元化し、それを図表の縦軸と横軸とする。縦軸には \bar{i}_L をその最大値 \bar{i}_{Lm} で除したものをとる。 \bar{i}_{Lm} は第 4 モードでの負荷電流で

$$\bar{i}_{Lm} = 2/\pi \cdot e_m / r \dots \dots \dots (26)$$

である。また横軸には第 1 モードで特性曲線が原点から 45° の傾斜の直線になるように無次元化する。すなわち

$$\bar{i}_L / \bar{i}_{Lm} = I_c / \bar{i}_{cm} \dots \dots \dots (27)$$

となるような \bar{i}_{cm} を求め、横軸には I_c / \bar{i}_{cm} を目盛りばよ。この \bar{i}_{cm} は (25), (26), (27) 式から

$$\bar{i}_{cm} = 3/\pi \cdot N_L / N_c \cdot e_m / r \dots \dots \dots (28)$$

である。

次に第 2 モードでは第 5 図の負荷電流波形から \bar{i}_L を求めることができる。このモードでは位相角 $\alpha \sim \beta$ 間の負荷電流は、一定値 $N_c I_c / N_L$ から $(\alpha + 2\pi/3) \sim (\beta + 2\pi/3)$ 間の電流を差し引いたものに等しいので、整流平均值 \bar{i}_L は第 1 モードと同じく (25) 式で示される。すなわちモードは異なっても制御特性上は第 1 モードと同様に比例特性を示す。第 1 モードから第 2 モードへ移る点では (16) 式から

$$\frac{\bar{i}_L}{\bar{i}_{Lm}} = \frac{3}{2} \times \frac{0.722 e_m}{\pi r} = 0.7739 \dots \dots \dots (29)$$

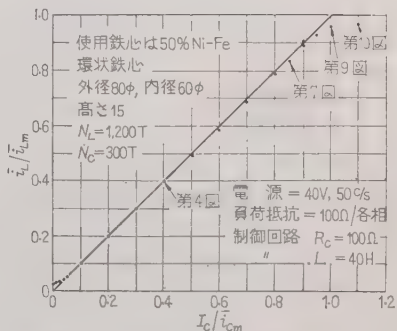
となる。次に第 2 モードから第 3 モードへ移る点は (22) 式から

$$\bar{i}_L / \bar{i}_{Lm} \approx 0.998 \dots \dots \dots (30)$$

となる。これからわかるように第 2 モードの終了点はほとんど飽和点に近い。また第 3 モードの終了点での制御電流は

$$I_c / \bar{i}_{cm} = 1.0472 \dots \dots \dots (31)$$

となる。

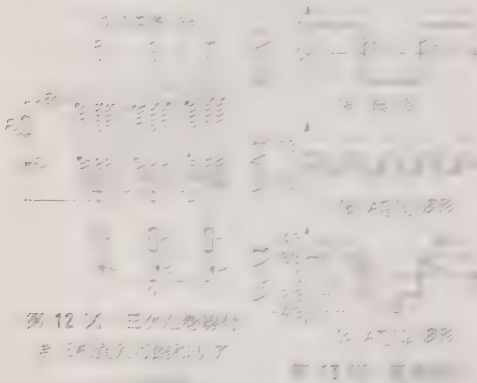


第 11 図 制御特性 (三次 Δ 接続無し)

上の結果を代入すると第 12 式が得られる。この式からわかるように、この形式の三相変形形可飽和リアクトルに単相の場合より複雑さがずっと生ずる。

3. 三次巻線のある形式

3.1. 回路 この意味では図 1 回路に第 12 図のように三相巻線 N_L 巻数、毎組巻数 N_L の巻線が加わり、負荷巻線と直列に第 3 の巻線 N_L 巻数で、3 巻線と呼ぶことにする。これを N_L の巻線が三相巻線に \angle 移動されたものである。このような回路では三相巻線の助けによって負荷の電圧が定常化して、電圧変動の発生が抑制されるが、このことは次のように示す。



3.2. 第 1 モードの解析 この形式でも負荷電圧電流が定常化するが、ときには負荷電流が電圧電流に無関係な変動を生ずるが、このモードを第 1 モードと呼ぶ。この第 1 モードでは交流アンペア数に方形波状となる。この方形波アンペア数を AT_{sq} とし、第 13 式に示すような形式であるとする。この AT_{sq} のフ

$$AT_{sq} = \frac{4}{\pi} N_L I_c \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} + \frac{\sin 3\theta'}{3} + \frac{\sin 5\theta'}{5} + \dots + \frac{\sin (2k+1)\theta'}{(2k+1)} + \dots \right\} \quad (32)$$

となる。この初数を

$$V = \frac{1}{\pi} N_L I_c \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} + \frac{\sin 3\theta'}{3} + \frac{\sin 5\theta'}{5} + \dots + \frac{4}{\pi} \frac{1}{3} N_L I_c \left\{ \frac{\sin (3\theta')}{1} + \frac{\sin 3(3\theta')}{3} + \dots \right\} \right\} \quad (33)$$

と整理しなおし、ここで

$$AT_{sq} = \frac{4}{\pi} N_L I_c \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} + \frac{\sin 3\theta'}{3} + \dots \right\}$$

とする。

$$AT_{sq} = AT_1 + AT_2 + \dots$$

となる。このうち AT_1 は

形にたがった方形波 $2\theta'$ ずつ、 θ' で、このことを考えて方形波 θ' の高さを AT_{sq} とする。

となる。このことから

わかる。このことから
また述べて交流アン
ペア数は数 AT_{sq} が
方形波であることが多
くある。交流アンペ
ア数は数に方形波であ
ることは常に等アン
ペア数は則、方形波
のみに定常化して生
ずる。

に常に保たれて、る
ことを示す。

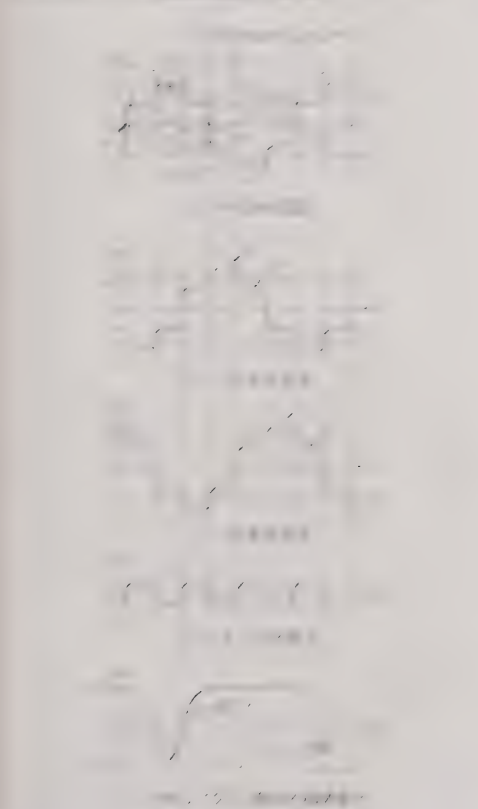
この第 1 モードは

間にリアクトルに発生 第 14 図 第 1 モードの電圧電流波形
される電圧 Δe_m の時 電流電圧波形
間値が零となる（負荷多に発生しても、これを
用、ると、

$$\cos \alpha = \frac{4\pi}{9} \frac{N_L I_c r}{N_L e_m} \quad (35)$$

が求められる。

(3) 第2モードの解析 第2モードにおいて直
流制御電圧 Δe_R を増大してゆくと、負荷端子電圧が増
大し、電圧降下 Δe_R が減少する。このモードを第2モー
ドと呼ぶ。第1図(5)～(7)に第2モードの各波
形を示す。このモードでは三相のリアクトルが直流制御電
圧 Δe_R を発生し、その電圧降下 Δe_R が減少する。また、
負荷端子電圧 e_R が増加する。そこでこの等価回路に對し



第14図



第15図 第2モード等価回路

$$i_{sR} = i_{sR} - \Delta e_R = e_R \dots \dots \dots (37)$$

$$i_{sR} - i_{sR} - \Delta e_R = e_R - e_R \dots \dots \dots (38)$$

$$\Delta e_R = -\Delta e_R \dots \dots \dots (39)$$

が成立し、さらに

$$i_{sR} + i_{sR} + i_{sR} = 0$$

であり、「等アンペア回数の法則」が成立するので
R 相では $N_L I_C - N_L i_{sR} = N_L i_{sR} \dots \dots \dots (40)$

T 相では $-N_L I_C - N_L i_{sT} = N_L i_{sT} \dots \dots \dots (41)$

となる。これらより、 $\alpha + 2\pi/3 < \theta < \beta + 2\pi/3$ の
ときは

$$i_{sR} = e_R \dots \dots \dots (42)$$

$$i_{sR} = \frac{N_L I_C}{N_L} r - \frac{e_R}{2} \dots \dots \dots (43)$$

$$i_{sT} = \left(\frac{N_L I_C}{N_L} r + \frac{e_R}{2} \right) \dots \dots \dots (44)$$

$$i_{sN} = N_L I_C - N_L i_{sR} = \frac{e_R}{2} N_L \dots \dots \dots (45)$$

$$\Delta e_R = e_R - \left(\frac{N_L I_C}{N_L} r - \frac{e_R}{2} \right) \dots \dots \dots (46)$$

が得られ、したがって負荷電流の半サイクル間に
減少した Δe_R の時間積分が零になることから

$$\frac{2}{3} \frac{N_L I_C}{N_L} r \left(\alpha - \beta + \frac{4}{3} \pi \right) = 0$$

より、 $\alpha - \beta + \frac{4}{3} \pi = 0$

より、 $\theta = \beta - 2\pi/3$ となり、等アンペア回数の
法則が成立する。 (46) より、 Δe_R は

$$\Delta e_R = \frac{2}{3} \frac{N_L I_C}{N_L} r$$

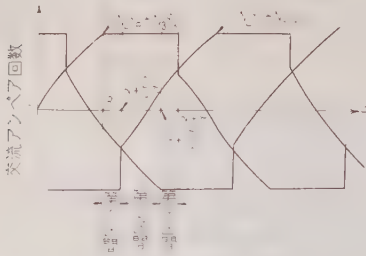
となり、 α が β より $\frac{4}{3} \pi$ 大きければ、(47) より、 Δe_R が
負となり、第2モードの始まりは $\alpha - \beta + \frac{4}{3} \pi = 0$
より、 $\theta = \beta - 2\pi/3$ となる。

以上より、第2モードの解析は、第1モードの解析と同様
である。

$$\frac{1}{N_L} \frac{N_L I_C}{N_L} r = \frac{1}{N_L} \frac{N_L I_C}{N_L} r$$

より、 Δe_R は

(3) 第2モードの解析 第2モードにおいて、
負荷電圧の制御電圧を増大してゆくと、負荷端子電圧が増
大し、電圧降下 Δe_R が減少する。このモードを第2モー
ドと呼ぶ。第1図(5)～(7)に第2モードの各波
形を示す。このモードでは三相のリアクトルが直流制御電
圧 Δe_R を発生し、その電圧降下 Δe_R が減少する。また、
負荷端子電圧 e_R が増加する。そこでこの等価回路に對し



第 17 図 第 3 モード交流アンペア回数波形

ンペア回数 ($i_R N_L + i_3 N_3$), ($i_S N_L + i_3 N_3$), および ($i_T N_L + i_3 N_3$) を図示すると第 17 図のようになる。この図に示すようにこのモードでは第 1 区間, 第 2 区間, 第 3 区間の三つに分割することができる。このうち第 1 区間と第 3 区間とは相の相対関係が異なるだけであるから, 解析は第 1 区間と第 2 区間について行う。第 1 区間では第 18 図, 第 2 区間では第 19 図の等価回路が成立するので, これにキルヒホッフの法則を適用して i_R , i_S , i_T , i_3 , Δe_R を求めると, 第 1 区間では

$$i_R = N_C I_C / N_L - e_T / 2r \quad (51)$$

$$i_S = -N_C I_C / N_L - e_T / 2r \quad (52)$$

$$i_T = e_T / r \quad (53)$$

$$i_3 = N_L / N_3 \cdot e_T / 2r \quad (54)$$

$$\Delta e_R = \frac{N}{N_L} I_C r - \frac{1}{2} e_{RS} \quad (55)$$

となる。第 2 区間では

$$i_R = e_R / r \quad (56)$$

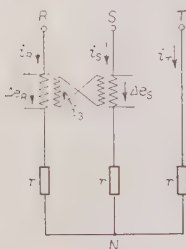
$$i_S = -e_S \quad (57)$$

$$i_T = e_T / r \quad (58)$$

$$i_3 = -\frac{N_L}{N_3} \frac{e_R}{r} + \frac{N}{N_3} I_C \quad (59)$$

$$\Delta e_R = 0 \quad (60)$$

となる。第 3 区間では (51) ~ (55) 式中の添字 R が T へ, S が R へ, T が S へとサイクリックに代わるだけである。



第 18 図 第 3 モード
第 1 区間等価回路



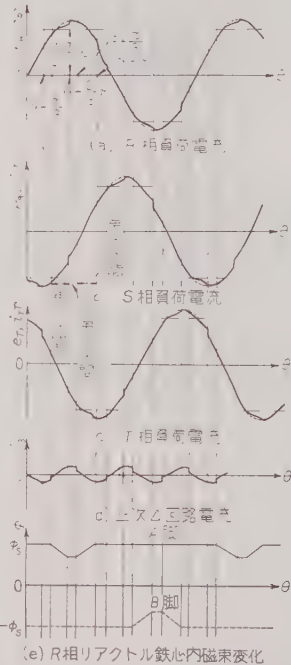
第 19 図 第 3 モード
第 3 区間等価回路

けである。前と同様に負荷電流の半サイクル間の Δe_R の時間積分が零となることから

$$\begin{aligned} & \frac{N_C I_C}{N_L} \frac{r}{e_m} \left\{ \alpha - \beta + \frac{2}{3} \pi \right\} \\ &= -\frac{\sqrt{3}}{2} \left\{ \cos \left(\alpha + \frac{5}{6} \pi \right) - \cos \left(\beta + \frac{\pi}{6} \right) \right\} \quad (61) \end{aligned}$$

が得られる。また T 相リアクトルが飽和から不飽和へ達する点が $(\beta + \pi/3)$ であることを用いると

$$\sin \left(\beta + \frac{\pi}{6} \right) = \frac{2}{\sqrt{3}} \frac{N_C I_C}{N_L} \frac{r}{e_m} \quad (62)$$



第 20 図 第 3 モード電圧電流波形

を得る。この (61), (62) 式から α と β が求められる。以上の解析の結果から各波形を作図すると第 20 図のようになる。なお第 2 モードから第 3 モードへ転移する点では,

$$\alpha + \pi/3 = \beta \quad (63)$$

となるから, (61), (62) 式に (63) 式を代入して

$$\tan \beta = \frac{\frac{3\sqrt{3}}{\pi} - 1}{\sqrt{3} - \frac{3}{\pi}} \approx 0.78 \quad (64)$$

ゆえに $\beta \approx 38^\circ$

を得る。したがって

$$\frac{N_c I_c}{N_L e_m} r = \frac{\sqrt{3}}{2} \sin(38^\circ + 30^\circ) \approx 0.803 \quad (65)$$

(3.5) 第4モードおよび第5モードの解析 第3モードでさらに直流制御アンペア回数を増大させてゆくと、ついには全区間で2相のリアクトルが同時に不飽和という状態がなくなってしまう。このモードを第4モードと呼ぶ。このモードでは1相のリアクトルが不飽和でも三次巻線の△接続回路で短絡されてしまうので、なんらのそく流効果を示さず、見掛け上は完全に三相のリアクトル全部が飽和したのと同様になる。ただ異なるのは三次巻線中に電流が流れる点だけである。このモードの始まりは、第3モードにおいて

$$\beta = \alpha + 2\pi/3 \quad (66)$$

すなわち、第3モードの第1, 第3区間が零となるとこのから始まる。

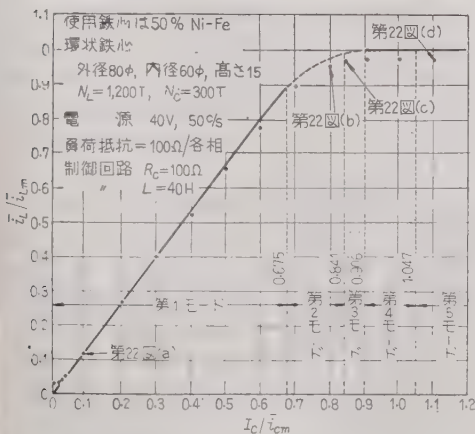
さらに制御電流 I_c を増加して

$$\sin \beta = \frac{N_c I_c}{N_L e_m} r = 1 \quad (67)$$

になると、すべてのリアクトルが常に飽和し、リアクトルが存在しないのと同様となる。このモードを第5モードと呼ぶ。

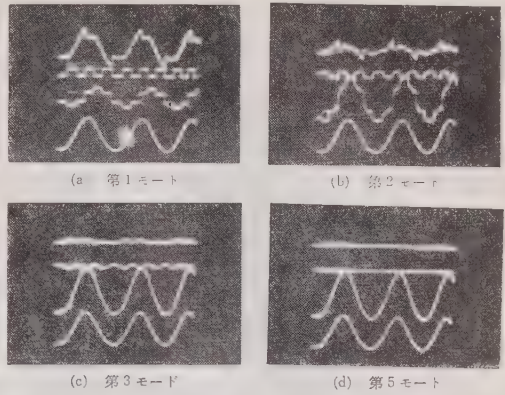
(3.6) 制御特性 第11図を作図したときと同様の i_{LM} および i_{cm} を用いて負荷電流の1相分 i_L の平均値 \bar{i}_L と、制御電流の関係を作図すると第21図のようになる。これはこれまでの結果から、半サイクル間の積分により求められる。

なお第21図に記入してある黒点は実測結果を示し、矢印は第22図(a)～(d)の波形オシログラムの



第21図 制御特性(三次△接続有り)

昭和36年5月(J.I.E.E.J.)



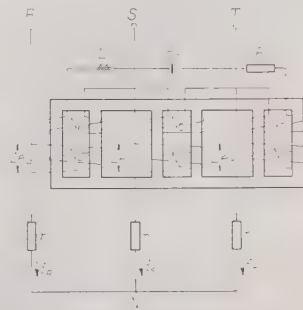
(a)～(d) はすべて上からリアクトル(2個直列の両端)端子電圧, 三次巻線内電流, 負荷端子電圧(R相), R相電圧

第22図 三次△結線有りのときの各モードオシログラム波形

撮影点を示す。このオシログラムから前述の解析の正しいことがわかる。第4モードのオシログラムは鉄心特性が理想的でないため、第5モードとはっきり区別できなかったので省略した。

4. 6脚鉄心三相直列形可飽和リアクトル

第23図に示すような6脚鉄心の三相直列形可飽和リアクトルを使用すれば、第3章に述べた三次巻線△



第23図 6脚鉄心直列形可飽和リアクトル

接続付きの場合と全く同様な結果を得ることができる。以下にその理由を述べる。

$$\left. \begin{aligned} R \text{ 相負荷巻線端子電圧を } \Delta e_R \\ S \text{ 相負荷巻線端子電圧を } \Delta e_S \\ T \text{ 相負荷巻線端子電圧を } \Delta e_T \end{aligned} \right\}$$

とすると、任意の時刻における6脚内の磁束の和 $\sum \phi$ の値は、ファラデーの法則から

$$\sum \phi = \frac{1}{N_L} \int_0^t (\Delta e_R + \Delta e_S + \Delta e_T) dt$$

となるが、この $\Sigma \phi$ に対しては全く磁路がないので常に零でなければならない。そこでそのためには常に

$$\Delta e_R + \Delta e_S + \Delta e_T = 0 \quad \dots\dots\dots (68)$$

となる。このことは前章の三次巻線の Δ 接続によっても生ずることであり、負荷電流およびリアクトル端子電圧に関して全く第3章と同じ結果が得られる。そこで解析は第3章の結果をそのまま使用すればよい。ただし三次巻線がないので第4モードと第5モードの区別はなくなってしまうことは明らかである。

5. 各回路の比較

三次巻線の Δ 接続無しの際にはリアクトルの端子電圧は第3図 (a) の斜線の部分だから、リアクトルに印加される電圧時間積分の最大値 I_{VT} は

$$I_{VT} = \int_{2\pi/3}^{\pi} \sqrt{3} e_m \sin\left(\theta - \frac{\pi}{6}\right) d\theta = \frac{3}{2} e_m \quad \dots\dots\dots (69)$$

となる。これに対し三次 Δ 接続有りの場合および6脚鉄心形では、リアクトル端子電圧の電圧時間積分値の最大値 $I_{VT\Delta}$ は

$$I_{VT\Delta} = \int_{\pi/2}^{\pi} e_m \sin \theta d\theta = e_m \quad \dots\dots\dots (70)$$

となる。このことは三次 Δ 接続無しの方が 50% 多く N_L を巻かなければならないことを意味している。もっとも三次巻線の分を合わせて考えると、三次 Δ 無しの方が 13% 負荷巻線の回数が多し。

第1モードの負荷電流の波形率は、三次 Δ 接続無しの場合には

$$k = \sqrt{3/2} \approx 1.22 \quad \dots\dots\dots (71)$$

三次 Δ 接続有り、または6脚形では

$$k = \frac{3}{2\sqrt{2}} = 1.06 \quad \dots\dots\dots (72)$$

となり、これも三次 Δ 接続有り、または6脚形がよいことがわかる。しかしながら制御特性の直線性は、三次巻線の Δ 接続無しの方がずっとよいことが第11図と第21図の比較からわかる。

最後に三次 Δ 接続ありのときの R 相負荷電流 i_R は (4) 式に示すように

$$i_R = \frac{4}{\pi} \frac{N_C I_C}{N_L} \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} - \frac{\sin 5\theta'}{5} - \frac{\sin 7\theta'}{7} + \dots \right\}$$

であり、三次 Δ 接続有りまたは6脚鉄心形では、 R 相負荷電流 $i_{R\Delta}$ は

$$i_{R\Delta} = \frac{4}{\pi} \frac{N_C I_C}{N_L} \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} + \frac{\sin 5\theta'}{5} + \frac{\sin 7\theta'}{7} + \dots \right\} \quad \dots\dots\dots (73)$$

となるから、もし (4) 式の θ' と (73) 式の θ' が等しく、(4) 式の N_C/N_L と、(73) 式の N_C/N_L とが等しければこの両者を加えると

$$i_R + i_{R\Delta} = \frac{8}{\pi} \frac{N_C I_C}{N_L} \left\{ \frac{\sin \theta'}{1} + \frac{\sin 11\theta'}{11} + \frac{\sin 13\theta'}{13} + \dots \right\} \quad \dots\dots\dots (74)$$

となり、ほとんど高調波成分は消えてしまう。このことから N_C/N_L の等しい三次 Δ 接続有りの回路と無しの回路の並列接続を行えば、負荷電流がほとんど正弦波となることがわかる。

6. 結 言

三相の直列形可飽和リアクトルの基本形式は三次巻線の Δ 接続無しの場合と、 Δ 接続有りの場合の二つに大別される。6脚鉄心形を使用したものは後者に属すると考えてよい。「等アンペア回数の法則」は原理的には成立しているが、三相の負荷電流の和が零とならなければならないことから、第1モードにおいても単相の場合のようにすべての瞬間において成立するとは限らない。それは三相の電流の和が常に零でなければならないので三相中1相のリアクトルが飽和したままの区間を生ずるからである。たとえば三次 Δ 接続無しの場合には $\pi/3$ の期間ずつ1相のリアクトルが飽和したままとなり、したがって負荷の中性点の電位は各相の電圧と一致するように動作するため、リアクトル端子電圧の平均値 (または電圧時間積分) は相電圧のその1.5倍となることは注意を要する。特に制御特性の直線性が必要なときには三次巻線の Δ 接続無しのほうがよいが、その他の場合には三次巻線の Δ 接続有りのほうがよく、特に6脚鉄心形は経済的である。なお制御特性は第11図と第21図に示されているが、単相のときと異なり第1モードにおいて平均値の「等アンペア回数の法則」すなわち ($i_L N_L = I_C N_C$) は成立しない。すなわち三次 Δ 接続無しの場合には、 $i_L N_L = 2/3 \cdot I_C N_C$ となり、三次 Δ 接続ありの場合には $i_L N_L = 8/9 \cdot I_C N_C$ となる。

正弦波負荷電流の必要なときは N_C/N_L の等しい三次 Δ 接続無しの回路と有りの回路を並列に使用するとよい。

以上の解析結果は自励複巻式交流発電機などに用いる。(昭和35年10月22日受付)

文 献

- (1) H.F. Storm: Trans Amer. Inst. Elect. Engrs **69**, Pt. II, 1299 (1950)

アナログ計算機の自動プログラミング*

資料・論文

36-58

正員 三浦武雄[†] 正員 岩田純蔵^{††}

1. 緒言

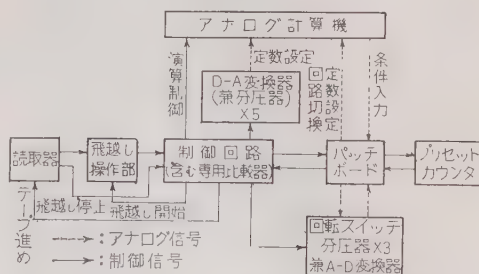
低速度形アナログ計算機(以下アナコンと略称する)で演算を行う場合、問題が複雑化するにしたがってその操作量が急増し、取り扱いが繁雑となる。たとえば固有値問題、境界値問題のように、試行によるくり返し演算を必要とする場合、あるいは多量のパラメータ変更の場合などである。このようなときに手数と時間を節約し、かつ人為的誤差のはいることを防ぐため、その操作と判断を自動的に行わせる装置が必要とされた。自動プログラミングはこのようなアナコンの操作を総称⁽¹⁾している。その内容は機能的に二つに大別でき、一つは演算結果には関係なく、これとは独立に自動的にプログラムを遂行する方式のものであって、係数の自動設定、自動チェックはこの部類に属する。他の一つは演算結果に基づき、次の遂行すべきプログラムの内容を決定しようという方式のものであって、前者の開回路自動プログラムに対して、閉回路自動プログラムと称せられるべきものである。

閉回路自動プログラム装置は従来のアナコンに判断要素、記憶要素、制御要素を付加し、あたかもデジタル計算機が行うと同様に計算を遂行させるものであって、従来デジタル計算機だけしか扱えなかった自動反復計算が可能となり、その機能が拡大されるにいった。

著者はいち早く閉回路自動プログラムの必要性を強調し、⁽²⁾ パッチボード方式⁽³⁾⁽⁴⁾ およびパンチテープ方式の自動プログラム装置⁽⁵⁾⁽⁶⁾ を試作した。本稿は試作装置の概要、試行方式に関する考察、応用例などについて述べたものである。

2. 試作自動プログラム装置の概要

(2.1) 試作装置の概要 試作パンチテープ制御自動プログラム装置の構成図を第1図に示す。上部のアナコンがこの装置で制御される計算機本体である。アナコンの操作は大別して演算制御、演算回路の交



第 1 図 パンチテープ制御自動
プログラム装置構成図

更、設定定数の変更の三つになり、これらを条件に応じて順次自動的に行うことにより目的とする自動プログラムが遂行できる。さん孔テープには命令が順次さん孔されており、図示の読取器が読み取り、制御回路（継電器回路）がその命令を翻訳して命令に応じた操作をする。

アナコンの演算制御（初期値設定，演算，保持および記録紙の制御）はすべて制御回路中の特定接点の開閉によってなされる。自動プログラムを行う場合，アナコンをいくつかのグループにわけて個別に制御したい場合がしばしば起きるが，試作装置では2台を制御できる。

演算回路の変更は、パッチボード上に切り換えるべき回路をあらかじめ配線しておき、継電器によって切り換えることによりなされる。

設定定数変更の目的のためには、D-A 変換器、回転スイッチ分圧器およびポテンショメータ自動設定機構が設けられている。D-A 変換器は3けたの数値をテープにパンチしておき、これが読み出されると、直ちにその数値に対応した分圧比を設定するもので、パラメータの計画的変更に適する。このうちの1個はポテンショメータ自動設定の場合の標準電圧設定用にも用いられる。回転スイッチ分圧器は、10進3けたのデジタルポテンショメータであって、特定入力（パッチボード上のY端子）に等しく設定することもできれば、けたを指定して1段ずつ動かすこともできるので、条件に適する設定値を試行法によって求める場合に適している。ポテンショメータ自動設定機構は両者の特長を兼ね備えるものであり、この活用によりこれ

* Automatic Programming in Analog Computers. By T. MIURA, Member (Hitachi Central Research Laboratory) & J. IWATA, Member (Showa Denshi Co.).

† 日立製作所中央研究所, アナログ計算機, データ処理装置担当
† 昭和電子株式会社, アナログ計算機担当

らの装置を大幅に軽減できる。これらの定数設定変更はパンチテープにより直接行われるか、または前回の計算結果により設定されるのであり、後者の場合、記憶要素と組み合わせて用いられる。

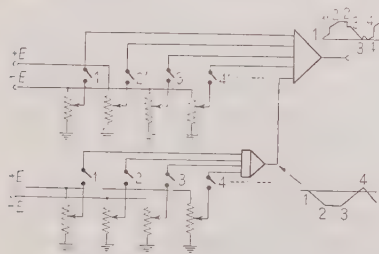
以上の各操作はすべて読取器がテープを読むに当たって逐次行われるので、操作にある程度時間を要する場合はテープを停止し、その操作が終了と同時に制御回路からテープ進めの命令を出し、テープを進めるようにできている。

次に条件に応じて命令の内容を変更する場合は、このテープにいくつかの条件とそれに応じた命令をプログラムして置き、適宜これらをジャンプ選択することによって行っている。このために読取器と制御回路の間に飛越し操作部を設け、条件に応じて読取器と制御回路との間の連絡を遮断し、テープにさん孔されたプログラムの命令を実行しないようにしている。

これらの条件は演算回路および制御回路の状態、または演算解の電圧の大小により与えている。前者は回路状態を決定する継電器の他の接点を用いることにより、後者は比較器により、すべて条件の満足、不満足を接点の開閉に対応させ、これにより飛越し操作部を制御する。

条件となるべき電圧入力としては、あらかじめパッチボードの条件入力端子に結ばれた所要の演算回路電圧を使用するが、過去の演算結果を用いる場合には、ある時刻における電圧の記憶値を使用する。記憶回路としては記憶用積分器、回転スイッチ分圧器、自動設定のポテンショメータを用いるか、あるいはその結果をパンチテープにパンチして記憶している。

プリセットカウンタは操作に正確なタイミングを与えるために設けたものであり、一定のくり返し周波数のパルスを計数することにより、スタート後あらかじめ決められた一定時間を経ると継電器を動作させて信号を出すものである。パッチボードと結ばれ、零復帰、およびスタートの信号を与えられる。第2図のように演算回路中のパラメータをあらかじめ決められた



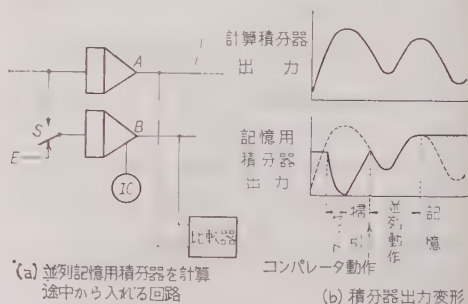
第2図 プリセットカウンタによる時間関数発生器

時間ごとに順次切り換えることにより、時間関数発生器として使用することができる。

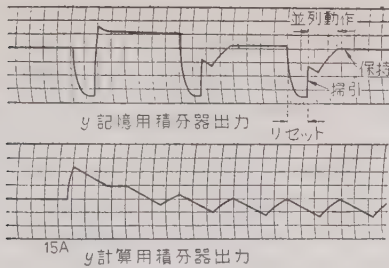
(2・2) 記憶要素 自動プログラムの要素のうち特に重要なものとして記憶要素がある。すなわち、演算結果を過去の結果と比較する場合や、過去の結果に基づいて設定定数を変更する場合などにおいて必要である。著者の用いたアナログ記憶要素には前記のように多種のものがあるが、これらのうち比較的簡便な記憶用積分器について述べる。

これは積分器の保持特性を利用したものであって、その使用法は記憶に際し、演算を停止してよい場合とできない場合とにより大いに異なる。前者に対してはたとえば演算回路を2組以上設け、計算していた積分器を“保持”にし、そのまま記憶用積分器としてもよいし、また計算機を一時保持の状態にし、記憶すべき電圧を他の記憶用積分器の初期電圧として加え、そのまま保持させてもよい。後者の場合は解の途中の値を記憶するために前者ほど簡単ではない。これには演算回路と並列に記憶用積分器を使用し、記憶すべきときに記憶用積分器の入力を切って保持させればよい。実際には記憶用積分器の個数を節約するために一度利用した記憶用積分器を再度演算回路にそう入し、これを利用することが得策である。これに対して著者の提案する方法⁽³⁾⁽⁴⁾を第3図に示す。図示のように演算ならびに記憶用積分器の出力を比較器に入れ、記憶用積分器はいったん上限または下限にリセットしてから一定入力を加えて出力を全域にわたって掃引し、演算用積分器の出力の値と等しくなったときを比較器で検出し、その瞬間に継電器接点 S を切り換えて計算回路に並列に入れ、記憶すべき時刻がきたときに再び S を切り離して保持の状態にすればその目的を達する。

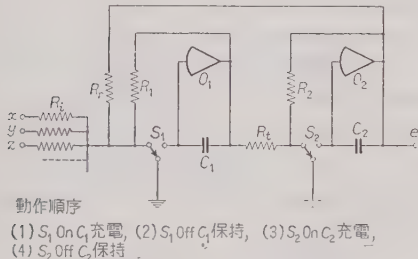
第4図は上記の方法をコンデンサ充放電回路の解析に応用した例であって、充放電の2周期ごとにその電圧を記憶用積分器に記憶させ、これを1周期後の電圧と比較することにより定常状態に達したか否かを検出



第3図 動的記憶要素



第 4 図 動的記憶要素を用いた演算例



第 5 図 アナログ累算器原理図

するの用に用いたものである。図より明らかなように、掃引が終って次に保持されるまでの期間は計算用積分器と同一波形が得られている。記憶用積分器のリセットおよび掃引にいくらか時間がかかるため、1周期ごとに記憶するには記憶用積分器を2台必要とする。

さらに記憶用積分器はアナログ累算器としても使用できる。 $x_i, y_i, z_i, \dots (i=1, 2, 3, \dots)$ なる入力がある場合に

$$e_n = \sum_{i=1}^n (x_i + y_i + z_i + \dots) \quad (1)$$

なる出力を得るのが累算器である。第5図は著者の行った方式を示す。動作は増幅器 1, 2 の順序で初期値設定と保持をくり返すことにより、まず増幅器 1 の出力が入力の合計になるまでコンデンサ C_1 が充電されて保持され、ついで増幅器 2 の出力が増幅器 1 の保持出力に等しくなるまでコンデンサ C_2 が充電され保持されるものである。

(2・3) 命令の説明 命令を決定するに際しては

- (a) できるだけ多種の問題をプログラムできること。
- (b) さん孔するコードがおおへやすく、プログラムが簡単なこと。
- (c) その命令に演算を行わせるための機構が簡単で、故障が少ないこと。
- (d) 上記機構が計算機本体に大きな変更を加えずに簡単に結合できること。

第 1 表 命令の一覧表

11	バランスチェック
12	リセット (一定時間後テープ送りホールド状態になる)
13	演 算
14	ホールド
15	レコーダモータオン
16	レコーダモータオフ
17	XY レコーダペンダウン
18	XY レコーダペンアップ
19	オートチェック
20	回路切換継電器復旧せよ (例 20-51 1 番の継電器を復旧せよ) すべて 50 番台とともに使用。
21	以下の条件入力 $e_c < 0$ なら
22	" $e_c > 0$ なら
23	以下の条件入力端子アースしているなら
27	計算機 A を用いよ
28	計算機 B を用いよ
29	計算機 AB を用いよ
31	回転スイッチ分圧器 1 を選べ。
32	" 2 を選べ。
33	" 3 を選べ。
34	" 逆に 1 段動かせ。
35	" 選択リセット (演算のときはこの状態で進行)
36	回転スイッチ分圧器零にもどせ。
37	" 分圧比 Y にせよ。
	(Y の入力はパッチボードの端子)
38	回転スイッチ分圧器 1 段動かせ。
39	" 動かすけた 1 けた下げよ。
30	" 動かすけた 1 位にせよ。
(40-49)	(出力を選ぶ) 未設
50-59	回路切換継電器 0-9 をオンせよ。
	(例 53 3 番の継電器をオンせよ) 継電器の切換端子はパッチボードにあり。
60-69	条件 0-9 なら (例 21-61-71 アナログ条件端子 1 番の入力が零より小なら 81 番まで飛越せ) この命令のあとに 70 番台または 14 番がくる。
70-79	飛越せ。次に 80 番台の同位の数がくるまでテープを送るだけで命令が制御回路に伝達しない。
80-89	飛越し止め。
90	次に 96 がくるまでは送り信号なしにテープを順次読みとる。
91-95	D-A 変換器設定 (例 91134 1 番の D-A 変換器を 0.134 の分圧比にする)
96	以下テープの送りおよび停止は 3 字目の X または Z にしたがえ。

などに留意する必要がある。しかしながら、今後本体の設計に際しても自動プログラムの付加を考慮しておく必要があると考える。

命令の内容に関しては特に (a), (b) について考慮する必要がある。命令が簡単になれば、制御要素が複雑多数を要することになり、またフレキシビリティを持たせるためには、要素の動作を単純化する必要がある。これらの相反する性質を勘案して命令の内容を決定すべきであるが、著者らの場合、その使用経験も少なく未知の点も多いので、試作機として、命令、番地の混合形式で 100 種とし、第 1 表に示すように 00 から 99 までの番号で入れるように定めた。

このうち、10 番台は演算制御に関するもの、20 番台は他の命令の前についてその内容を変更するもの、30 番台は回転スイッチ分圧器に関する命令であり、

これらおよびテープ送りに関する 90 番と 96 番は 2 けたの数字の一つ一つが独立の意味を有する。(31~33 を除く) 40 番台, 50 番台, 60 番台, 70 番台, 80 番台は 1 けた目がそれぞれ出力選択, 回路切換継電器励磁, 条件選択, 飛越し開始, 飛越し停止を示すものであり, 2 けた目がそれらの行われる番地にあたるものである。以上 2 けたの数値のあとに, 以上で命令の 1 語が終りであることを示し, かつすぐに次の語を読み出すべきか, あるいは制御回路が操作終りの信号を出すまでテープ送りを停止しているべきかを示す X, Z が加わって 3 字で 1 語を形成する。91~95 はこのあとに数値を示す 3 けたの数加わって 5 字で 1 語を完結し, 1 番~5 番の D-A 変換器で, この 3 けたの数に対応する分圧比に設定せよということを表わす。

この装置ではスイッチを切り換えることにより, 100 個のポテンショメータのパンチテープ設定が可能になっていて, 現在 30 個のポテンショメータが実装されている。この場合の命令はすべて 5 字で与えられ, 最初の 2 字がポテンショメータの番地, 次の 3 字が設定すべき分圧比を 3 けたの数値で表わしている。たとえば 22523 は第 22 番目のポテンショメータを 0.523 に設定せよを意味している。

3. 試行方式とその収れん性⁽⁷⁾⁽⁹⁾

閉回路自動プログラムでは, 解の内容に応じて自動的にプログラムを変更させるために, その変更方式すなわち試行方式をいかに決定するかはきわめて重要である。すなわち試行方式により解を希望値に収れんさせる場合の速度ならびに収れん性に大きな差異を生じる。ここではいくつかの試行方式を提案し, それらの特長について比較検討した結果について述べる。

(3.1) 一般的考察 n 個のパラメータを変更し, 解 f_i が希望条件を満足するようにさせる場合について考える。いま試行 k 回目の各パラメータの値を λ_{jk} ($j=1, 2, \dots, n$), 解の希望値を C_i , 解が希望値を満足するときのパラメータの値を λ_{j0} とすると, λ_{jk} と C_i との間には次の方程式が成立する。

$$\left. \begin{aligned} f_i(\lambda_{1k}, \lambda_{2k}, \dots, \lambda_{nk}) - C_i &= F_i(\lambda_{1k}, \lambda_{2k}, \dots, \lambda_{nk}) \\ &\equiv F_{ik} \\ F_i(\lambda_{10}, \lambda_{20}, \dots, \lambda_{n0}) &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

f_i は計算機の出力である。(2) 式を希望方程式と呼ぶことにする。

次に F_{ik} より次の試行回数 $k+1$ の場合のパラメータ $\lambda_{j, k+1}$ が決定される。すなわち,

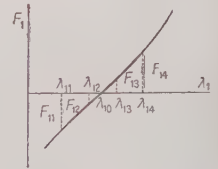
$$\lambda_{j, k+1} = \Delta \lambda_{jk} + \lambda_{jk}$$

$$= G_{jk}(F_{1k}, F_{2k}, \dots, F_{nk}) + \lambda_{jk} \dots\dots (3)$$

(2) 式に対し (3) 式が試行方程式になる。また G_{jk} の関数形が試行方式によって決まり, 1 回の試行ごとに異なる。実際の試行は (3) 式を (2) 式に代入し, 順次 $F_{j, k+2} \dots$ と解を求め, すべての j につきその値が零になるまで続行されるわけである。ここでこの試行が収れんするための条件を考えると, k のある値以上において $\Delta \lambda_{jk} = 0$ すなわち λ_{jk} が一定値になる必要がある。与えられた試行法に対して (2), (3) 式を計算し, 逐次代入することによって収れん条件ならびに収れん性を検討することができる。

(3.2) 収れん方法(試行方式) 自動プログラミングによる境界値問題, 固有値問題の試行法による計算は非線形代数方程式の数値解法に帰着する。 n パラメータの場合には n 元の数値方程式のそれに相当する。したがってアナコンの試行法をこれら数値解法⁽¹⁰⁾に適用されている手法 (Horner, Newton, Regula-false など) に準拠して行うことが考えられる。最終的にはプログラムの簡単さ, 規模, 精度, 収れん性, 収れん速度の諸点から決定されなければならない。

(1) F_i の符号の反転を検出して行う方法 (Horner の方法に準拠した方法) (2) 式の希望関数 F_i の符号の反転を検出することにより試行を遂行する方法である。1 変数の場合について述べる。第 6 図において, パラメータを順次 $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \dots$ で試行し, F_{11}, F_{12}, \dots の符号を検出し, その反転する区間 ($\lambda_{12}, \lambda_{13}$) を見つける。 F_1 が λ の連続関数であるならば, 必ずその区間内に条件を満足する λ_{10} が存在する。したがってこの区間をさらに細分して同様なことをくり返すならば, 次第に λ_{10} の存在する範囲を小さくすることができる。希望関数が λ に関して単調な場合には, λ の両端



第 6 図 F_i の符号反転を 検出して行う試行法 における F_i の符号が同一であればその間には解は存在しない。また符号の反転する区間を見出したならば他の区間は調べる必要がなく, 直ちにその区間を細分すればよい。

試行パラメータ λ_i が多いときは次のように考える。 F_i が λ_i の単調な連続関数の場合, 特定点 ($\lambda_1', \lambda_2' \dots \lambda_n'$) において

$$F_i(\lambda_1' + \delta_1 \Delta \lambda_1, \lambda_2' + \delta_2 \Delta \lambda_2, \dots, \lambda_n' + \delta_n \Delta \lambda_n)$$

ただし $\delta_i: 1$ または 0

を計算したとき, これが δ_i のあらゆる組み合わせに対してすべて同符号なら, 範囲

$$(\lambda_1' + \theta_1 \Delta \lambda_1, \lambda_2' + \theta_2 \Delta \lambda_2, \dots, \lambda_n' + \theta_n \Delta \lambda_n)$$

ただし $1 \geq \theta_i \geq 0$

では $F_1=0$ とならない。異符号のものがあれば、必ずその内部に $F_1=0$ となる部分 $[(n-1)$ 次元の空間] がある。 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ の全範囲をそれぞれ m_1, m_2, \dots, m_n 個に分け、 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ で作る空間を $m_1 \times m_2 \times m_3 \times \dots \times m_n$ 個に分割したとき、その分割の各格子点で F_1 を計算すると、この分割された各範囲内に $F_1=0$ となる部分があるかないかがわかる。

同様にして $F_2=0, F_3=0, \dots, F_n=0$ の存在する範囲を求めてその共通部分を求め、求める $\lambda_{10}, \lambda_{20}, \dots, \lambda_{n0}$ はこの部分内にあり、次にはこの中を細分すればよい。

実際には λ をどのような順序で変更するかが問題になる。それには、(1) すべての λ の組み合わせについて試行する。(2) 特定の $F_i(\lambda_1, \lambda_2, \dots)=0$ に沿って λ_i を変更する。(3) $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ と順次交互に変更する。などの方法がある。またより一般的な方法としてランダムに (1) の方法を遂行することも考えられる。これらは取り扱う λ の数、装置によっておのずから最適なものが決まる。(1) の方法の場合には、たとえば記憶装置の容量が大で、試行した格子点の位置と、試行結果の極性をすべて記憶できるならば、まず λ_1 だけを順次変えて試行し、次に λ_2 を 1 ステップ変えたところで λ_1 をまた最初から順次変えて試行し、かくして λ_2 の 1 ステップを走査し終えたならば、 λ_3 を 1 ステップ変えるというようにして全格子点を試行し、その結果から前記解の存在する部分を知ることができる。一方、記憶容量が小さいときは分割された各範囲につきその周囲にある格子点を順次試行して、その範囲内における解の存在の有無を確かめては次に進むようにプログラムを組めばよい。パラメータ変化が解に与える影響の性質がわかっている場合は (2), (3) の方法、あるいはその問題特有のプログラムを作って試行回数を減らすことが可能である。後述の接続点のある“はり”の振動の問題は 3 パラメータの場合の Horner の方法を用いた一例である。

一般にこの方法は、与えられた試行パラメータの空間 (パラメータが n 個の場合には n 次元) 内に求めるべき根がある場合には、空間を細分することによりその点を必ず見出しうる特長があり、根が多数の場合もこれをのがすことはない。すなわち必ず取れんということである。

(2) 試行による F_i の値に応じて λ_j の値を修正する方法 Newton の方法に準拠した方法である。

前項で述べた方法では単に (2) 式における F_i の符号だけに着目して試行を行うため、装置が簡単ですが、試行により得られる情報量が少ないために取れん速度は一般に遅い。したがって取れん速度を早めるためには F_i の符号だけでなく、その量に応じて λ_j を修正する手法が考えられる。

いま F_i を k 回目の試行点において展開し、二次以上を無視すると次式が得られる。(ただし、 k の添字は略す)

$$\begin{aligned} F_i(\lambda_1 + h_1, \lambda_2 + h_2, \lambda_3 + h_3, \dots) \\ = F_i(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots) \\ + h_1 \frac{\partial F_i}{\partial \lambda_1} + h_2 \frac{\partial F_i}{\partial \lambda_2} + h_3 \frac{\partial F_i}{\partial \lambda_3} + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

ゆえに $F_i(\lambda_1 + h_1, \lambda_2 + h_2, \dots)$ を零にするためには h_1, h_2, \dots は次の代数方程式の根を満足する必要がある。

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial F_1}{\partial \lambda_2} & \dots \\ \frac{\partial F_2}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial F_2}{\partial \lambda_2} & \dots \\ \frac{\partial F_3}{\partial \lambda_1} & \frac{\partial F_3}{\partial \lambda_2} & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -F_1 \\ -F_2 \\ -F_3 \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (5)$$

すなわち (5) 式を満足する h_{jk} を求め、 $\lambda_{jk+1} = \lambda_{jk} + h_{jk}$ で次の試行を行えばよい。この方法が Newton の方法である。自動プログラムの場合には F_i の関数形は不明であり、実際にはアナコンを用いて $\partial F_i / \partial \lambda_j$ を算出する必要がある。

$\partial F_i / \partial \lambda_j$ を求める方法としては $\Delta F_i / \Delta \lambda_j$ として $\Delta \lambda_j$ を微小値をとる場合と、比較的大きくとも場合の二つが考えられる。前者は Newton の方法にもっとも忠実であるが、 $\Delta F_i, \Delta \lambda_j$ の値が小さく $\Delta F_i / \Delta \lambda_j$ に誤差が混入しやすく実用的でない。後者はこれをさけた方法であって、これに対してさらに次の四つの試行が考えられる。

(i) $\Delta \lambda$ を一定とする方法。

(ii) $[\partial F / \partial \lambda]_{\lambda=\lambda_1}$ の近似値として $[F(\lambda_1 + \Delta \lambda / 2) - F(\lambda_1)] / \frac{\Delta \lambda}{2}$ と $[F(\lambda_1) - F(\lambda_1 - \Delta \lambda / 2)] / \Delta \lambda / 2$ の平均をとる方法。

(iii) $\Delta \lambda$ をとる場合に一端を固定とする。

(iv) (i) ~ (iii) の方法の改良法として、 $\partial F_i / \partial \lambda_j$ を一定と仮定して行う方法。

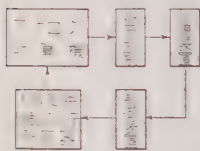
(i) ~ (iii) の方法のように $\partial F / \partial \lambda$ をとれば取れんが早い、が、前述の理由で正確にこの値を求めない。

また近似値をとるために1回ごとに多数の試行と計算を繰り返す必要のある手段である。ある程度誤差に近づいたならば、そのとき以後の F の値はだいたい一定であると考えられるから、以下一定値として計算する(iv)の方法がむしろ得策である。この場合の取れん条件を付録に示す。

なお以上の Newton の方法に準拠した方法では、もし F が λ の一次式の場合は (5) 式および $\partial F/\partial \lambda$ の近似式が正確になりつつから、2回目の試行で正解に達する。この場合には誤差を小にするため $\Delta \lambda_1$ は大きい値を用い、計算を簡単にするため λ_1 を零としたほうがよい。このようにしたものが代入法⁽¹¹⁾である。

(3.3) 閉回路自動プログラム用アナコン制御回路

前節で提案した試行方式を実施するために、従来のアナコンに付加すべき制御装置について考察する。

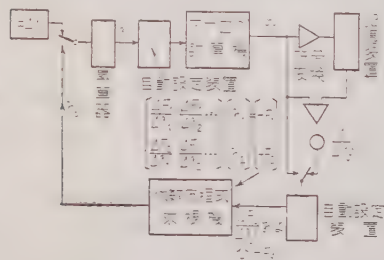


第7図 F の値を算出して試行するアナコンの構成図

Horner に準拠する方法では第7図の構成図に示すように、演算を行うごとに回転スイッチ分圧器を一步進め、各演算ごとの F の符号を検出記憶させ、この符号により $F=0$ の存在範囲を検出し、

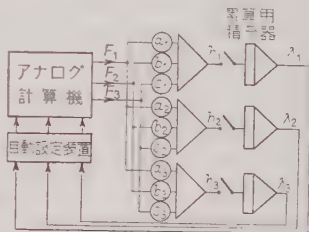
次に回転スイッチ分圧器の歩度を一段細く変えてこの範囲内に精に走査する。 λ の試行順序によりやや構成が異なるが大差はない。パラメータの少ない場合には装置も簡単ですぐれた方法である。

次に Newton の方法に準拠した方式の場合について述べる。一般には (5) 式に与えられた代数方程式の根 λ_j を求める計算装置を付加し、その出力で次の試行の λ_j を修正できるようにすればよい。第8図にこの場合の構成図を示す。アナコンにより、ある λ_j で希望関数を計算し、その結果 F_i を記憶装置に記憶す



第8図 $\Delta F_i/\Delta \lambda_j$ を算出して試行する方式のアナログ計算機制御回路

るとともに、自動設定装置により代数方程式求根器の定数項として設定する。次に $\Delta \lambda_j$ を1個ずつ順次取り出し、累算器と自動設定装置によって λ_j を $\Delta \lambda_j$ だけ変えて計算する。この結果と前に記憶していた値を用いて、 $[F_i(\lambda_j + \Delta \lambda_j) - F_i(\lambda_j)]/\Delta \lambda_j$ を加算機とポテンショメータによって作り、自動設定装置により代数方程式求根器の各係数として設定し、(5) 式に相当する方程式を解く。この解 λ_j を累算器に入れ、 λ_j の値を λ_j だけ修正する。以下この新しい λ_j を用い、同じことを自動的にくり返す。このようにして $F_i=0$ を満足したときにくり返しを停止すれば、そのときの解が満足する値である。



第9図 $\Delta F_i/\Delta \lambda_j$ を一定として試行する方法

第9図は第8図の装置を簡略化するために試行ごとに $\partial F/\partial \lambda$ を修正しない方式にした場合の構成図を示す。第8図および第

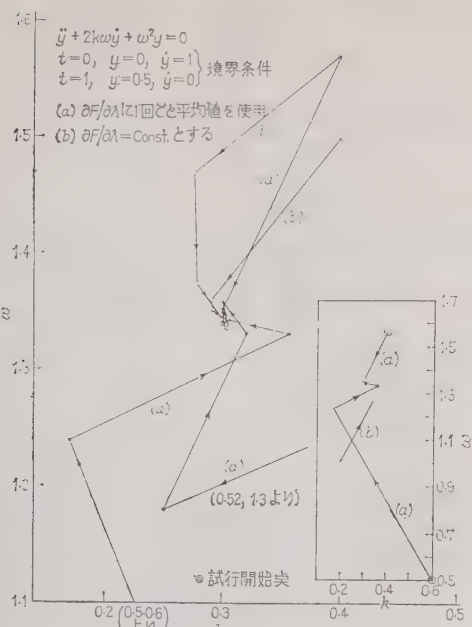
9図で明らかなように、閉回路自動プログラムではアナログ累算器が重要な役割を果たしている。第8図、第9図で使用されている演算器はアナコン本体の一部を使用するのが便利である。

(3.4) 実験的検討 2変数の場合の境界値問題に、前述の試行方式を適用した結果について述べる。

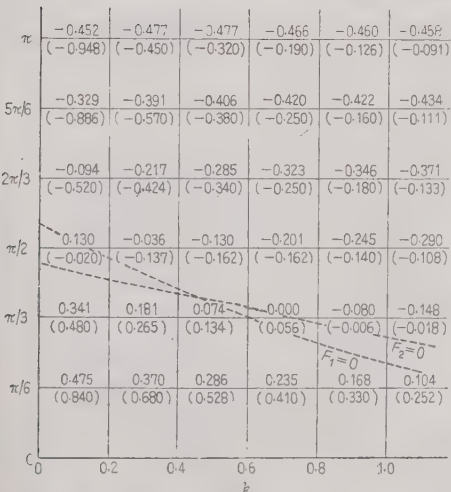
$$\begin{aligned} \ddot{y} + 2k\omega \dot{y} + \omega^2 y &= 0, \\ t=0 \quad y=0 \quad \dot{y} &= 1 \quad \dots \dots \dots (6) \\ t=1 \quad y=0.5 \quad \dot{y} &= 0 \end{aligned}$$

を満足する k, ω を Newton の方法に準拠した自動プログラムで求めた場合の一例を示す。第10図は自動プログラムによる取れん状況を $k-\omega$ 平面で図示したものであり、図中 (a) は各試行点ごとに $\partial F/\partial \lambda$ の近似値を計算し、これより次の試行点を決める方法によっており、(b) は最初の試行点のこの配を求め、後は $\partial F/\partial \lambda$ を一定と仮定して次の試行点を決める方法に基づいている。(a) 法が Newton の方法に似ていそう近いと考えられるが、アナコンでは両者に大きな差はなく、5, 6回の試行で正解に取れんしている。ただし数値計算の場合は、(b) 法は正解に近づいてからの取れん速度が (a) 法にくらべて遅い。

Horner に準拠した場合の $k-\omega$ 平面を第11図に示す。この方法は前の方法にくらべて試行回数が多く、パラメータ λ の数が増大した場合、時間にかかること



第 10 図 アナログ計算機による
自動プログラム収れん例



第 11 図 $F_1 = -[y]_{t=1-1/2}, F_2 = [y]_{t=1}$ の各
格子点の値および $F_1=0, F_2=0$ の推定曲線
(格子点右上の数値が F_1 , 格子点右下
括弧内数値が F_2)

が予想される。

以上の考察により各種試行方式の特長をまとめると
次のようになる。

- (1) 希望関数の極性判別だけによって試行する方

法 アナコンの制御回路としてはきわめて簡単であ
るが、試行回数が多くなる。解が与えられた範囲内に
あれば必ず収れんする。

- (2) 希望関数の値によって試行値を決定する方法

(i) 試行のつどアナコンにより希望関数の λ に対
する微分値を算出する方法 試行回数が少なくす
む特長があるが、試行のための計算回路(制御装置)
が複雑になる。この場合、収れんするための条件が存
在する。

(ii) 第 1 回の試行によって求めた希望関数の微分
値を、以後の試行にもそのまま利用する方法 解が
正確値に近づいた場合に収れん速度が (i) の方法にく
らべて劣るが、制御装置が (i) にくらべて簡単にな
り、实际的である。収れん条件は (i) よりさらに厳重
になる。

(3) (1), (2) の結合方式 以上の長所を生かし
短所を補う点から (1), (2) の結合方式が当然考えら
れる。すなわち (1) で概略の数値を知り、(2) で急速
に解の収れんを図る手法である。実用的にいってもつ
ともすぐれた手法とも考えられる。

4. 応 用 例

自動プログラム装置を次の諸問題の解析に適用し、
その有用性を確かめた。

- (1) 定常解を求める問題(境界値問題)(コンデン
サ充放電、歯車の動荷重の計算)

- (2) 固有値問題(はりの振動)⁽¹²⁾⁽¹³⁾

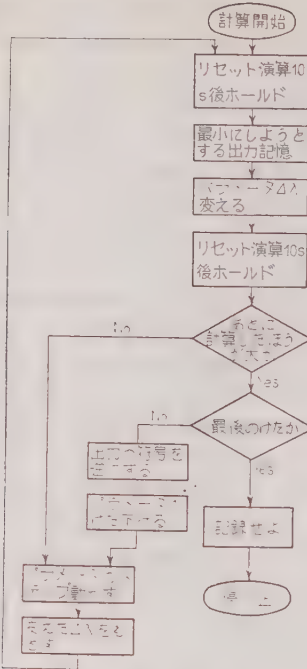
- (3) 極値問題(自動制御における誤差面積最小に
する問題)

- (4) パラメータの計画的変更

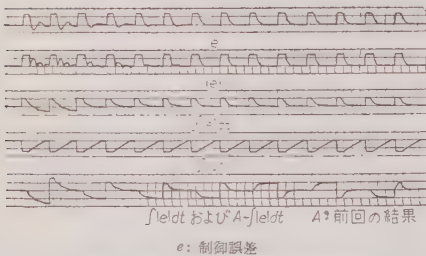
これらのうち代表的な例について簡単に説明する。

(4.1) 極値問題 ここにあげた演算例は自動制御
系においてダンピング定数を変えて、制御誤差面積を
極小とする問題であるが、1 個のパラメータを変え、
ある出力を極小にする場合はすべて同一のパンチテー
プを用いることができる。

極小値を求める場合、種々の方法があるが、その一
つとしてはパラメータの変化に対する出力の微係数の
符号に着目し、パラメータを粗に順次変化してその微
係数を検出し、それが反転する区間をみつけ、さらに
その区間内を同様に精に走査し、次第に区間を小にす
ることにより、極小値を求めうる。すなわち Horner
の方法に準拠するものである。微係数の符号を見るに
はパラメータを微小に変化して 2 回演算を行い、その
出力電圧を比較することにより検出できる。この方法
によるフローチャートが第 12 図である。演算結果を



第 12 図 極小値の問題フローチャート



第 13 図 極値問題演算結果

第 13 図に示す。

極小値を求める他の方法としてパラメータを順次変えて試行し、前回より小であったら同方向にパラメータをさらに変え、前回よりも大であったらパラメータを変更する方向および一歩の大きさを変える方法でも行うことができる。この場合は試行回数がさきの方法にくらべ約半分ですむ。

(4・2) 固有値問題、接続点を有するはりの解析

多くの条件を同時に満足させる例として、第 14 図のような接続点のあるはりの固有振動の解析結果⁽¹³⁾について述べる。はり A、はり B に対してそれぞれ次式がなりたつ。

$$\frac{d^4 u_1}{dx_1^4} - \omega^2 u_1 = 0, \quad \frac{d^4 u_2}{dx_2^4} - \omega^2 u_2 = 0 \dots (7)$$

ただし ω : 固有振動数, u_1, u_2 : それぞれはり A, はり B の振動振幅, x_1, x_2 : はりに沿う距離

境界条件としては

$x_1=0$ においては

$$u_1=0, \quad \frac{du_1}{dx_1}=0$$

$x_1=1, x_2=0$ において

$$u_1=u_2=0, \quad \frac{du_1}{dx_1}=\frac{du_2}{dx_2}, \quad \frac{d^2 u_1}{dx_1^2}=\frac{d^2 u_2}{dx_2^2}$$

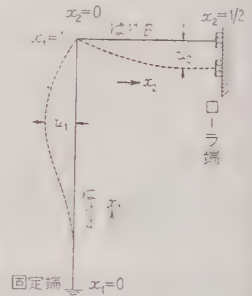
$x_2=\frac{1}{2}$ において

$$\frac{du_2}{dx_2}=0, \quad \frac{d^3 u_2}{dx_2^3}=0$$

(8)

解析に使用したフローチャートおよび演算回路を第 15 図、第 16 図に示す。パラメータの修正は Horner

に準拠した方法を用いデジタルポテンシオメータにより変更した。このときの命令表を第 2 表に示す。もし読取器が 1 個で、(a)、(b) とともに 1 本のテープにさん孔した場合、テープを一巡する間の大部分が飛越しの部分に費やされ、時間の不経済になる。これ



第 14 図

接続点のあるはり

を防ぐためには (a)、(b) それぞれのプログラムを遂行する読取器を並列に設けるなどの必要がある。この場合は (a) の部分をパッチボード式の自動プログラム装置を用い、(a) の部分を小ループとしてくり返し行わせ (a) の 5 から (b) に移り、(b) の終りから (a) に

第 2 表 接続点あるはりの解析命令表

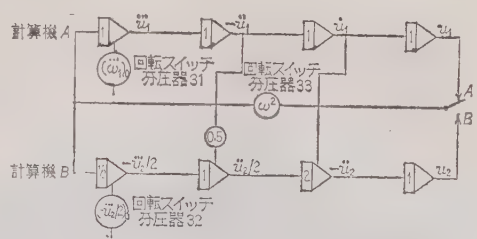
(a) パッチボード式自動プログラム装置部分の命令

- 1 リセット
- 2 レコードモータオン
- 3 空 (レコード速度を一定にさせるため)
- 4 演算
- 5 最後のけたでかつ境界をこえたら停止、パンチテープ式始動
- 6 境界条件をこえたら 1 けた下げる。
- 7 回転スイッチ分圧器 1 段動かす。

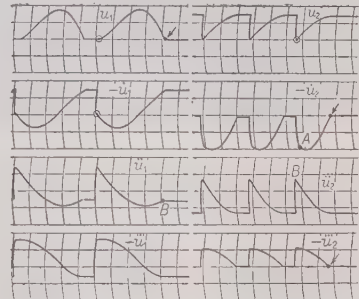
(b) パンチテープ式自動プログラム装置部分の命令

- | | |
|-----|---------------|
| 56Z | パッチボード式回転止める。 |
| 62X | はり B ならば。 |
| 71Z | 81 に飛ぶ。 |

53Z 継電器3オン。(はりBにする)
 68X 無条件に。
 72Z 82に飛ぶ。
 81Z
 33Z 回転スイッチ分圧器3を選び。
 66X u_2 の境界条件をこえたら。
 73Z 83に飛ぶ。
 65X 第2けたなら。
 74Z 84に飛ぶ。
 39Z 1けた下げろ。
 54Z 継電器4オン。(第2けたであることを表示)
 68X 無条件に。
 73Z 83に飛ぶ。
 84Z
 64X 最後のけたなら。
 74Z 84に飛ぶ。
 20Z } 継電器4オフ (第2けた以外であることを表示)
 54Z 1けた下げろ。
 39Z 無条件に。
 68Z 83に飛ぶ。
 73Z 停止 (計算終了)
 84X
 83Z
 38Z 回転スイッチ分圧器1段動かす。
 35Z 回転スイッチ分圧器演算回路に入れる。
 31Z 回転スイッチ分圧器1を選ぶ。
 36X 零にもどす。
 35Z 回転スイッチ分圧器を演算回路に入れる。
 32Z 回転スイッチ分圧器2を選ぶ。
 36X 零にもどす。
 35Z 回転スイッチ分圧器を演算回路に入れる。
 20Z } 継電器3オフ (はりAにする)
 53Z バッチポート式回転開始。
 82Z
 55Z
 23X 継電器5をオフし、テープ停止。



第16図 接続点のあるはりの解析演算回路



第17図 接続点のあるはりの演算解

り, 40 min に約 170 回の試行を行って収れんした。第 17 図に解の一部を示す。図において, 丸印と矢印が境界条件として零となることを要求されたところで, 矢印の点が試行によりパラメータを適当に変えることにより条件を満足させた点, 丸印は単に初期値を零に設定することにより満足させたものである。

5. 結 言

試作したパンチテープ制御自動プログラム装置を中心に装置の概要, ならびに応用例について示した。また試行方式についてもいくつかの提案を行い, その収れん性および装置の簡単さなどにつきその長短を検討した。閉回路自動プログラム方式の採用はその規模, 性能にもよるが, 大幅に従来のアナコンの機能を拡張しつつあり, すでに実用化したものもある。

またこのアナコンの自動プログラムの技術はそのまま計算制御のそれにつながるものであって, たとえばアナコンを実際の制御対象と考えると, 極値を求めるための自動プログラム装置は, そのままプロセス制御系の最適化装置として使用できるはずである。この方面への利用をも考慮している。

終りに臨み種々ご指導, ご討論を賜った東大野村助教授, 中央研究所只野博士, 阿部博士に謝意を表す。

(昭和 35 年 10 月 28 日受付)

第15図 接続点のあるはりの解析のフローチャート
 もどるようにして演算時間の短縮を図った。はり A に対する演算は 4s, はり B に対する演算は 2s であ

文 献

- (1) Johnson: Analog Computer Tech. (1956) McGraw-Hill
- (2) 永田・三浦：アナログ計算機研究会資料 9-1 (昭 33-2)
- (3) 三浦・岩田：昭 34 連大 201
- (4) 三浦・岩田：アナログ計算機研究会資料 18-3 (昭 33-12)
- (5) 三浦・岩田：昭 35 連大 408
- (6) 三浦・岩田：アナログ計算機研究会資料 35-6 (昭 35-6)
- (7) 三浦・岩田：昭 34 電気学会東京支部大会 83
- (8) 三浦・岩田：アナログ計算機研究会資料 24-1 (昭 34-7)
- (9) 高橋：アナログ計算機研究会資料 18-2 (昭 33-12)
- (10) Booth: "Numerical methods" (1957) Butterworth, London
- (11) 菅野：電学誌 76, 5, (昭 31)
- (12) 三浦・岩田，他：昭 34 電気学会東京支部大会 85
- (13) 三浦・岩田，他：機械学会第 37 通常総会学術講演会 308 (昭 34)

付 録

$\partial F_i / \partial \lambda_j$ を一定と仮定して試行する場合の収れん条件

希望方程式 (2) を満足する λ_{i0} において展開し，二次以上を省略すると

$$\begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots \\ a_{21} & a_{22} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda_1 - \lambda_{10} \\ \lambda_2 - \lambda_{20} \\ \vdots \end{pmatrix} \dots (\text{付 1})$$

ただし $a_{ij} = [\partial F_i / \partial \lambda_j]_{\lambda=\lambda_{i0}}$

となる。この λ_{i0} および a_{ij} は未知である。いま λ_i を λ_{ik} として試行すると，その結果 F_{ik} は次のように得られる。

$$[a_{ij}]\{\lambda_{iR} - \lambda_{i0}\} = \{F_{ik}\} \dots (\text{付 2})$$

$\{ \}$ は行列である。 $[a_{ij}]$ は不明であるが，これを $[b_{ij}]$ と仮定すると，次には λ_{i0} で試行したいのであるから，修正量 h_{ik} は次式になる。

$$\{-h_{ik}\} = [b_{ij}]^{-1}\{F_{ik}\} \dots (\text{付 3})$$

このように修正して計算すると，次の $F_{i, k+1}$ は次の値になる。

$$\begin{aligned} \{F_{i, k+1}\} &= [a_{ij}]\{\lambda_{i, k+1} - \lambda_{i0}\} \\ &= [a_{ij}]\{\lambda_{ik} + h_{ik} - \lambda_{i0}\} \\ &= [a_{ij}]\{(\lambda_{ik} - \lambda_{i0}) - [b_{ij}]^{-1}\{F_{ik}\}\} \\ &= [a_{ij}]\{([a_{ij}]^{-1}\{F_{ik}\} - [b_{ij}]^{-1}\{F_{ik}\})\} \\ &= (I - [a_{ij}][b_{ij}]^{-1})\{F_{ik}\} \dots (\text{付 4}) \end{aligned}$$

したがって

$$\{F_{i, k+1}\} = (I - [a_{ij}][b_{ij}]^{-1})^k \{F_{i1}\} \dots (\text{付 5})$$

となり， $k \rightarrow \infty$ で F_{ik} が零になるためには

$$[u_{ij}] = I - [a_{ij}][b_{ij}]^{-1}$$

とすると

$$\lim_{k \rightarrow \infty} [u_{ij}]^k = 0 \dots (\text{付 6})$$

でなければならない。

一方，正方行列 U は S なる正方行列により Jordan の標準形とされる。すなわち

$$SUS^{-1} = D \dots (\text{付 7})$$

D は主対角線が固有値 $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ で，主対角線のすぐ右側の要素が 1 または 0，他は全部 0 なるものである。ゆえに

$$U = S^{-1}DS$$

$$\therefore U^k = S^{-1}DSS^{-1}DS \dots S^{-1}DS = S^{-1}D^kS \dots (\text{付 8})$$

しかるに U の固有値の存在域は複素平面の円の軌跡 r

$$|u_{ii} - r| \leq \sum_{i \neq j} |u_{ij}| \dots (\text{付 9})$$

$$(i=1, 2, \dots, n)$$

の中に必ず含まれる。(Gersgorin の定理)ただし $|u_{ij}|$ は U の各要素の絶対値， n は行列の次数である。ゆえに

$$\sum_{j=1}^n |u_{ij}| < 1 \quad (i=1, 2, \dots, n) \dots (\text{付 10})$$

ならば上述の n 個の円はすべて原点を中心とし，半径 1 の円内にあるから

$$|\lambda_i| < 1 \quad (i=1, 2, \dots, n) \dots (\text{付 11})$$

$$\therefore \lim_{k \rightarrow \infty} D^k = 0, \therefore \lim_{k \rightarrow \infty} U^k = 0 \dots (\text{付 12})$$

ゆえに (付 10) 式は収れんするための充分条件である。

また特殊な場合として $a_{ij} = cb_{ij}$ (c = 一定) の場合の収れん条件としては (付 6) 式より (付 13) 式が得られる。

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow \infty} (I - c[b_{ij}][b_{ij}]^{-1})^k \\ = \lim_{k \rightarrow \infty} (I - cI)^k = \lim_{k \rightarrow \infty} (1 - c)^k I = 0 \end{aligned}$$

$$\therefore |1 - c| < 1$$

$$\therefore 2 > c > 0 \dots (\text{付 13})$$

UDC 621.395.625.3 : [621.317.75+621.397.12]

マ グ ネ ト グ ラ フ ィ に つ い て*

正員 松 本 憲 吾† 横 山 俊 雄††

資料・論文

36-59

1. ま え が き

普通の磁気録音では、磁気テープに記録された信号は再生ヘッドから再び電気信号として取り出されるが、磁性材料上に記録された磁気潜像を可視化してから利用しようとする試みが、アメリカの Atkinson 氏,⁽¹⁾ Begun 氏⁽²⁾その他によって報告され、Ferroglyphy, Magnetography, または Ferromagnetography と呼ばれた。これらは最近乾式写真法として、世の注目を浴びている電子写真（静電写真）に対応して磁気写真ともいべきものであるが、磁気潜像を可視化する現象操作に、おもに湿式現象法を用いていたのでその後の発展がなく、またその研究も打ち切られた模様である。

われわれも初めは磁気テープの現像に湿式法を用いていたが、オシログラフまたはプリンタのように、連続してしかも高速で現象を行わせなければならない計測関係においては、湿式現象法は不適であることがわかった。

そのうち乾式現象法について研究を進めた結果、鉄粉の種類および粒度の適当なものを選べば、乾式現象が計測方面の使用に充分耐えられることが明らかとなり、オシログラフ、磁気プリンタなどの試作を行ったので、ここに今まで筆者らが研究してきたマグネトグラフィの概略について報告する。

なおマグネトグラフィの現像における磁気力と静電力の解析ならびに実験については、稿を改めて報告する予定である。

2. 記 録 方 法

マグネトグラフィの応用を大別すれば、ファクシミリ、オシログラフ、プリンタの3方面があり、記録方法が少し異なるのでききにそれぞれの説明を加える。

(2・1) ファクシミリ ファクシミルの代表的なものとして模写電信、写真電送などがあるが、原画から光電変換装置を経る過程はほぼ同じで、最後の面を描かせる方法が異なっているだけである。われわれのマ



第 1 図 ファクシミリ装置

グネトグラフィにおいても同様に最後のところが他と異なり、磁気シート上に磁気潜像を作り、現象操作によって画を得るのである。

実験には普通の送受同軸の模写装置を改造して用いた。(第1図参照)われわれの場合、解像度が相当高いので、ギヤマークがはいらないようベッド送り機構を精密にし、また送受それぞれのベッド移動方向が順または逆のいずれにもなりうるようにした。

第2図には実験に用いた電気回路を示す。ドラムの回転が遅い場合は、光電変換器としてフォトランジスタを用いることができるが、画信号の最高周波数が十数キロサイクル以上になると、フォトランジスタの出力が減少して使用できなくなる。図には二次電子増倍管の 1P22 を用いた回路を示してある。

送信側にグレースケールを用い、受光部レンズの絞りをパラメータとして、光量と光電管出力の関係を測定した結果は第3図に示される。光電管出力とランジスタ回路との結合は直結になっているので、初段にバイアスを加えてひずみを除いた。

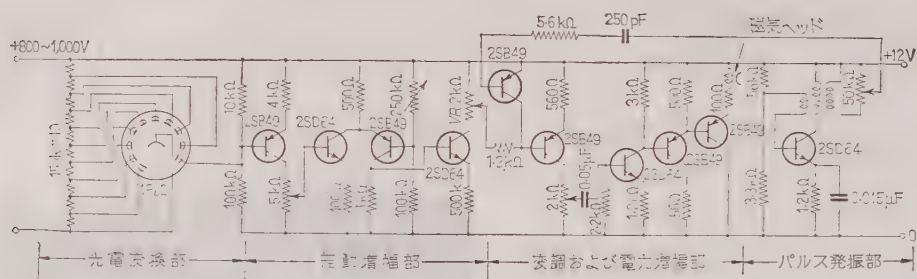
第4図はネガポジ反転のための差動増幅器の特性を示している。記録のときのコントラストは受光部レンズの絞り、またはこの段の出力を可変抵抗で変えることによって調節が可能である。

記録に際しては、磁気ヘッドに走査線間隔に対応した適当なくり返しをもつパルス電流（画信号で変調される）を加えなければならないので、差動増幅器の出力でパルス発振器からの出力を振幅変調する。その変調特性は第5図に示される。ヘッド電流の最大、最小を決めるのには、受光部の絞りまたは変調器入力のVRを変えて行いが、変調器に加えられるキャリアパルス電圧の大小で、画信号とヘッド電流の関係は変わ

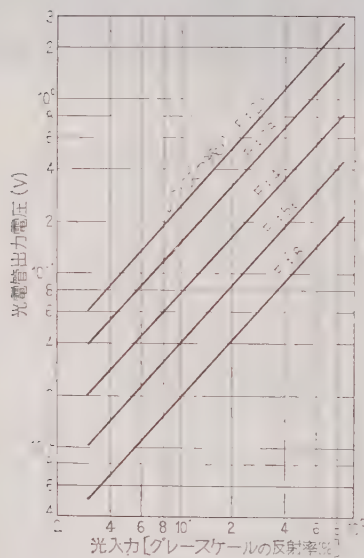
* On Magnetography. By K. MATSUMOTO, Member & T. YOKOYAMA, Non-member (Sony Corporation).

† ソニー株式会社技術部第一課主事

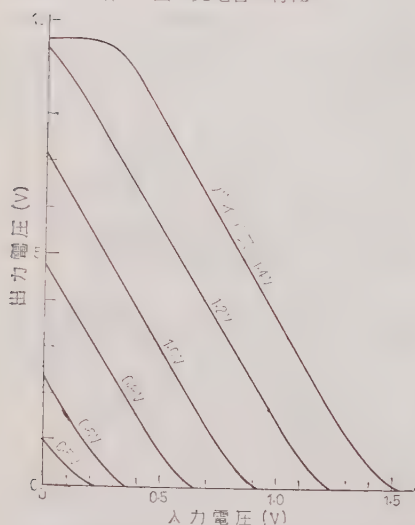
†† ソニー株式会社技術部第一課



第2図 ファクシミルに使用した回路



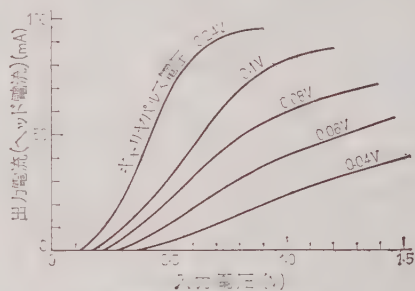
第3図 光電管の特性



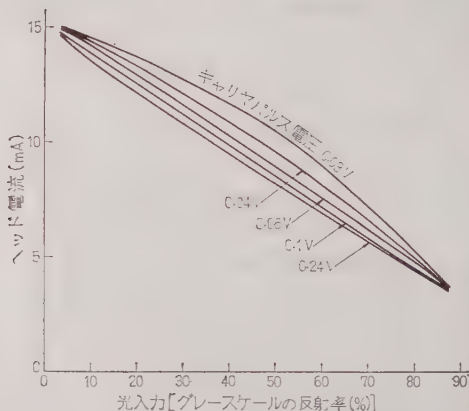
第4図 差動増幅器の特性

ってくる。(第6図参照)

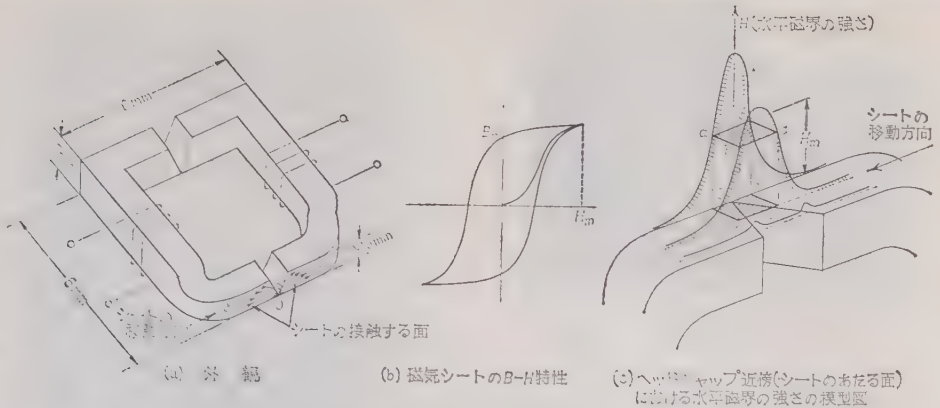
ファクシミルに用いる磁気ヘッドとしては、普通のパルス用ヘッドでもよいが、中間調を確実に出そうと思えば不十分であるので、われわれはV形ギャップヘッドを考案した。このヘッドは第7図(a)に示されるように、シートの移動方向と直角な方向にギャップ幅が広がった形をしているため、ヘッド巻線の電流によって生じる磁束は図のようにV字形の底部に集まる。したがって磁気シートを磁化する磁界の大きさは、(b)図に示されるように0点において最大となり、0



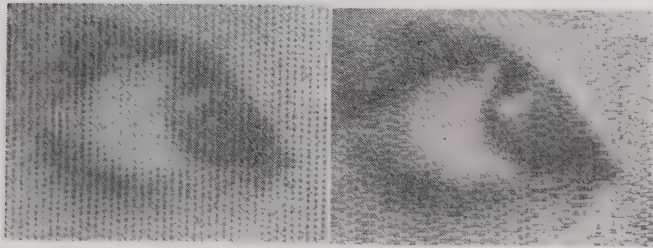
第5図 変調器の特性



第6図 光入力とヘッド電流の関係



第 7 図



(a) V形ギャップヘッドで描いた画

(b) 普通ヘッドで描いた画

第 8 図 再生面の拡大写真

ときには、この H_m 以上の磁界を与える場所は $a'-d'$ ($b'-c'$) 方向ならびに $a'-b'$ ($d'-c'$) 方向に増大し、逆に電流を減らせばその面積も小となる。後述の乾式現象において、鉄粉が磁気シートに吸着される場所は、シートがほぼ飽和以上に磁化された場所（あまり大きくない範囲で）であるから、画信号によって一定間隔のパルス電

流を振幅変調してやれば、鉄粉のつく場所は第 8 図 (a) のように走査方向およびそれと直角方向に増減することとなる。第 8 図 (b) には普通ヘッドで描かれた画の拡大写真を示すが、鉄粉のつく場所の様子は同図 (a) と著しく異なっているのがわかる。

すなわち V 形ギャップヘッドで描かれた画は、印刷における網目法と同様な効果を表わしており、中間調の表現能力も普通ヘッドで描かれた画にくらべずとすぐれていることがわかる。

第 9 図には V 形ギャップヘッドで描いた画像の例と原画を掲げる。

(2・2) 境界変位形磁気オシログラフ装置 境界変位形磁気録音および同オシログラフ装置についてはすでに報告されているので、⁽³⁾⁽⁴⁾ ここには簡単に説明を加える。

記録には第 10 図のような境界変位形磁気ヘッド（簡単に BD ヘッドと呼ぶ）を用いる。永久磁石のついているほうのコア A (第 11 図) は、パーマロイ薄板と非磁性体のベリリウムカップとを交互に積層して作り、B 部分はパーマロイの 1 枚板を使用している。永久磁石によって生じる磁束は、第 11 図に示すようにギャップの中点 O に中性点を作り、その上下におい



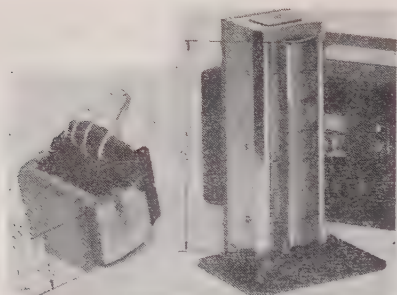
(a) 再生画

(b) 原画

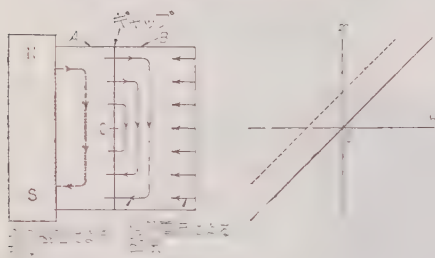
走査条件: 6.7 本/mm, パルス密度 8 mm, パルスくり返し周波数 26 kc, ドラム回転数 400 rpm
現象転写条件: フェロシリコンの乾式現象、紙はカートーンのはり合わせ、再生画 (65 mm×95 mm) を走査するに要する時間: 約 15 s

第 9 図

から離れるにしたがって小となる。いま磁気シートを飽和まで磁化するのに必要な磁界の強さを H_m とし、 I_m を与えるヘッド上の点を (c) 図の a, b, c, d に対応する a', b', c', d' の点であるとすれば、図からも明らかなように、ほぼ $a'b'c'd'$ で囲まれる場所内は H_m 以上の磁界の強さを有している。巻線の電流を増した



(a) 1素子 (b) 7素子
第 10 図 境界変位磁気ヘッド



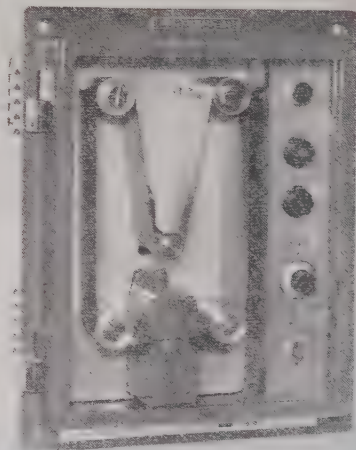
第 11 図 境界変位磁気ヘッドの動作説明図

ては方向が逆になっている。B部に巻かれた信号用コイルに電流が流れると、その磁束はA、B両部の直列磁路を通り、その結果、永久磁石による磁束との相加または打ち消しが行われ、磁気的中性点は上または下に移動する。このようなBDヘッドで記録されたテープを現像すると、鉄粉は中性点に対応した個所（すなわち磁束密度の大なる所）に吸着されて、信号波形が可視化される。

BDヘッドは、そのトラック幅が25mm(1in)ぐらいまでは比較的容易に作れるが、幅が広くなると直線性と感度が急に悪くなる。磁石の強さを強くすれば境界部分の幅を充分せまくできるが、0.3mmぐらいがよいところである。試作の一例では、巻線数2,000、信号電流が ± 100 mAのとき ± 7.5 mmの振幅を得られた。

周波数特性については、電磁オシログラフのような振動体の共振による制限は受けないが、コアBのうず電流による損失と、励磁電力の点で制限を受ける。普通5,000 c/s程度まではほぼ一様な記録ができるが、5,000 c/sで10 mmの振幅を得るのには、約50 Wの電力を要する。

オシログラフ装置としては多現像を同時に記録した場合が多く、磁気ヘッドも多素子のものを作ること



第 12 図 故障電流計

ができる。応用例としては、送電線などの故障監視に使用される故障電流計がある。(第12図)ヘッドは7素子が用いられ、使用テープは7.5 cm幅、長さは約1 mのエンドレステープである。

(2.3) 高速プリンタ⁽⁵⁾ 最近では電子計算機の最終段用印字機として相当高速のものが開発されてきたが、その多くは何文字かを同時に打ち出す形式のものであり、機械的な印字機には限度がある。

マグネトグラフィを応用した磁気プリンタは、機械的プリンタにくらべてハンマのような可動部分がないので、高速度の印字を行わせることができる。ソニー式磁気プリンタは、7チャンネルの磁気ヘッドを用い(ヘッドの全トラック幅は3 mm)各チャンネルが並列に駆動されるようになっている。文字の形は7×5の点マトリクスとして表わされ、1点は2~4個のパルスで記録される。この方式をページ式プリンタとして使うためには、幅広のテープの進行方向と直角な方向に記録してゆかなければならないので、試作機においては直径18 cmの回転円板の外周に4個のヘッドを90°間隔に配置し、テープをガイドシュエによってヘッドと接触させた。

磁気記録においてはテープとヘッドの相対速度が40 m/s近くまで実用化されているので、(磁気録面装置)1字あたり2 mmの幅をとれば約2万字/sの速度で記録することが可能である。現在200字/sの試作結果が良好であるので、2,000字/sの設計を行っている。プリンタについては別に報告する。

3. 湿式現像法

マグネトグラフィの現像方法には湿式と乾式の両方法がある。湿式とは、カーボニル鉄粉のような微鉄粉を液体に懸濁させて、その中に磁気テープを浸して潜像を可視化するのであって、現像時間によって画像の濃度を制御することができる。テープ上の磁化されていない場所に付着するよごれを避けるためには、現像後別の液体中で洗うとよい。液体としては、鉄粉の動きやすさの点からなるべく粘度の低いものが望まれるが、鉄粉を懸濁状態に保つことも要求される。また現像後の速乾性などとも関係があり、石油ベンジンがぐあいよいのである。

湿式現像された可視像は、そのままテープ上に定着することもできるが、磁気テープの色が茶褐色であるので、画像のコントラストを上げるためには別の白い紙に転写する必要がある。セロテープを磁気テープに圧着して鉄粉をとり、いったんはがしてから別の紙にはりつけてもよいが、乾く接着剤を表面に塗布した白い紙を用いて、直接テープから画像を転写してもよい。

4. 乾式現像法⁽⁶⁾

マグネトグラフィを計測方面に応用するためには、現像の簡単さ、速さが問題となる。湿式現像法は解像度の点では乾式現像法よりすぐれているが、計測用としては不向であるので、われわれは乾式現像法を開発した。

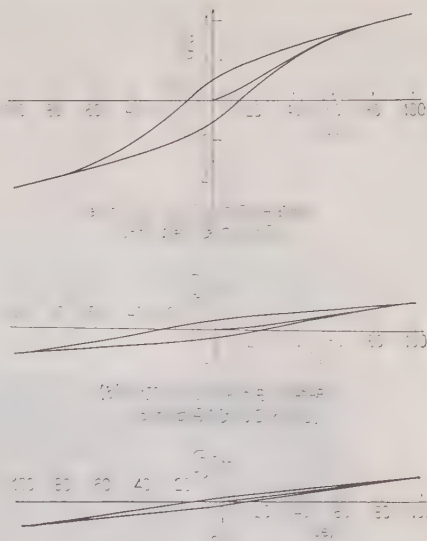
(4-1) 現像粉 現像粉の磁気特性としては、透磁率の高いほうが磁気吸引力の増大を伴うので望ましいが、理論計算によると透磁率は1にくらべて充分大きければ吸引力には影響しない。鉄粉自体の透磁率を測ることはできなかったが、比較のためガラスパイプに一定量つめて測定した値を第1表に、またバインダ5% (重量比) をまぜて押し固めたテストリングのB-H特性を第13図に示す。現像に際しての鉄粉のつきやすさは、試料Cが他より劣るが、現像速度の遅い場合は鉄粉がつき過ぎてよごれの原因になりやすい。

第1表 鉄粉の磁気特性
(一定量ガラスパイプにつめて測定)

試料	μ_0	μ_{max}	H_c (Oe)
A	7.7	12.1	3
B	5.1	≈	35

(注) A: 噴霧鉄粉, 平均粒径 40μ

B: 粉砕鉄粉: (SiO₂: 5.2%, C: 3.35% 残り Fe)



(c) テストリングCのB-H曲線
鉄粉はフェロツリコン Si:14~16%, C:1% 残りFe

第13図

ので、そのときは試料Cを使用するとよい結果が得られる。

そのほか現像粉としての条件には、よごれの少ないこと、鉄粉表面の反射率が小さいことなどがあげられる。前者はオシログラフ、プリンタの場合重要な条件であり、後者はファクシミルのときに濃度を決める重要因子となる。第2表には各転写条件下の反射率の測定値を掲げる。鉄粉はいずれも325メッシュを通った微粉であるが、試料Aおよび試料Cは球形に近く、試料Bは不規則な形をしており、数ミクロン以下のきわめて小さなものまで含んでいる。いままで、われわれは鉄粉として約30種類を集めて試験したが、いまのところ上記4種類の鉄粉を使い分けることによってほぼ目的が達せられている。

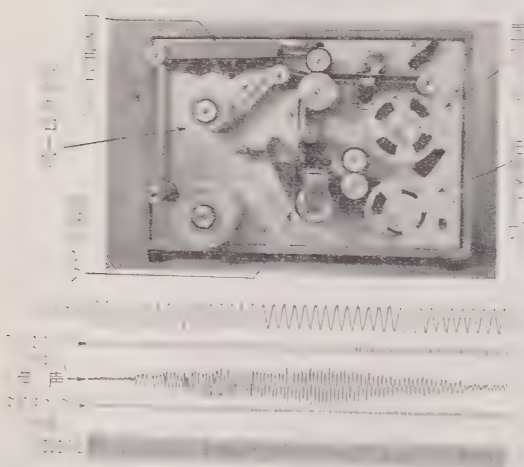
(4-2) 現像, 転写, 定着 記録された磁気テープまたはシートが短いものであり、多数の転写を必要としない場合は、簡単に現像粉をふりかけるだけでも間に合うが、オシログラフやプリンタのような場合は現像転写装置を必要とする。

第14図は5cm幅テープの現像転写定着装置である。右側のリール2個は記録済テープ用で、左側は転写紙用 (ろう紙) である。中央下部にある現像タンクを通して上ってきたテープは、中央上部のキャプスタンとピンチローラの間を通るとき、左方から供給されるろう紙に鉄粉を転写し、鉄粉の残りは右上方の吸込口で吸い取られて掃除される。転写されたろう紙は、

第 2 表 転写条件を変えたときの鉄粉の反射率 (R%) と濃度 (D)

転写条件 試料	ろう紙		ポリエチレン紙		カラートーン紙		同左裏から		ガラス板上の パラフィン		同左裏から	
	R(%)	D	R(%)	D	R(%)	D	R(%)	D	R(%)	D	R(%)	D
A	13.0	0.88	16.0	0.79	15.5	0.80	13.0	0.88	9.0	1.04	5.5	1.26
B	7.0	1.15	11.5	0.94	8.5	1.07	6.5	1.19	6.5	1.19	4.0	1.40
C	10.0	1.00	22.5	0.64	15.0	0.82	10.5	0.98	10.0	1.00	6.5	1.19
D	5.5	1.26	8.0	1.10	6.5	1.19	5.5	1.26	6.0	1.22	2.5	1.60

(注) 試料 A: 噴霧鉄粉, 平均粒径 40μ , B: 粉砕鉄粉 (SiO_2 : 5.28%, C: 3.35% 残り Fe), C: フェロシリコン (Si: 14~16%, C: 1%, 残り Fe), D: A, B を混合したもの。



転写機: ろう紙, 転写速度: 20 cm/s, 現像機: 速度: 10 cm/s

第 14 図 現像転写条件と転写像

当上塗り作業をせよとせよとが落ちて鉄粉はろう中に沈み定着される。現像機のテープ速度は 20 cm/s であるが、この種類のものでは 1 m/s ぐらいまで高速現像が可能である。定着用ヒータは 20 cm/s ならば 100 W 程度で間に合すが、高速になるほど電力を要し、電圧をうまくやらないと電圧が不安定になる。高圧転写を必要とするときは、ろう紙よりもむしろ炭素紙を用いた方がよいと思われる。

現像方法と転写後のまがれ度について、いろいろな条件があるので定量的な結果は得られなかった。しかし概して低速 (4 cm/s 以下) で現像を行うとよごれが多く、また鉄粉は 10μ 以下の微粉を多く含むものほど、低速現像でのよごれが目立った。鉄粉の形としてはなるべく球状に近いもののほうがよごれが少なかった。オシロおよびプリンタにおいては、現像のとき鉄粉がテープにつき過ぎると、転写時に像がくずれやすく線も太くなり、また部分的なよごれを増すので、現像タンクまたはテープに軽い震動を与えるか

サクシオンで適量吸い取るとよい。

5. カラー現像法

マグネトグラフィの現像粉には鉄粉を主として用いるので、それ自体に着色をすると、現像時の磁気吸引力を減少しうがいが悪い。したがってカラー現像粉としてはなるべく薄い染料皮膜で鉄粉を包み、転写紙には溶媒で染料だけ写し取るようにする。溶媒は、磁気シートを浸さないで、かつ蒸発の早いことが望まれるので、アルコールを使用した。

染料を用いたマグネトグラフィのカラープリントは、減色法であるとは断定できないが、刷り合わせの 3 原色は一応減色法にしたがって選定した。溶媒がアルコールであるから、酸性染料および塩基性染料の中から適当と思われるものを選んだ。

黄………Auramin (鉄粉に対して 2%)
マゼンタ……Magenta Powder (" 1.5%)
シアン……Patent Pure Blue (" 1%)

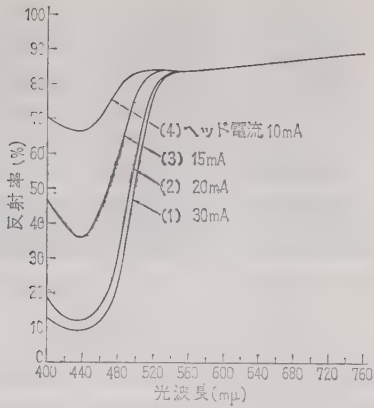
上記 3 原色を用い、磁気シートからアート紙に転写された色を分光光度計で測定した結果は第 15 図～第 17 図に示される。また 3 色係数を計算して CIE 色度図上に示せば第 18 図のようになる。

3 原色のうち 2 色ずつ刷り合わせた結果は第 19 図に、色度図の位置は第 18 図に示してある。

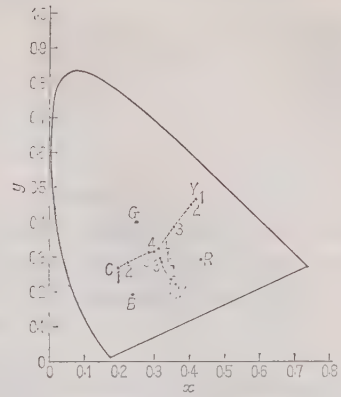
マグネトグラフィのカラープリントはまだ不充分であるが、色分解のときダイクロイックミラを用いれば、各信号間の補正を行うことができるので、(マスキング) 静電写真より条件がよいといえよう。

6. 階調特性

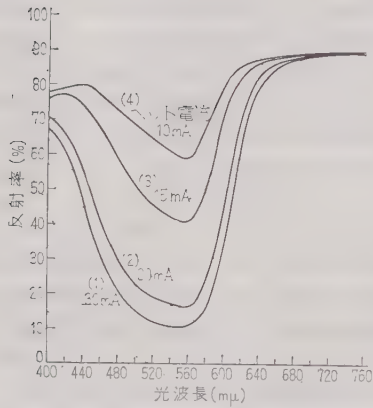
マグネトグラフィで画を描かせる場合は、階調特性が問題となる。われわれは磁気ヘッドに V 形ギャップヘッドまたはその変形ヘッドを試作して、階調特性



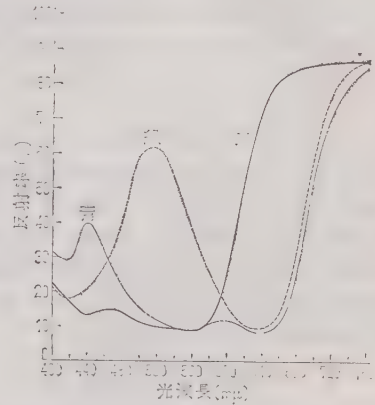
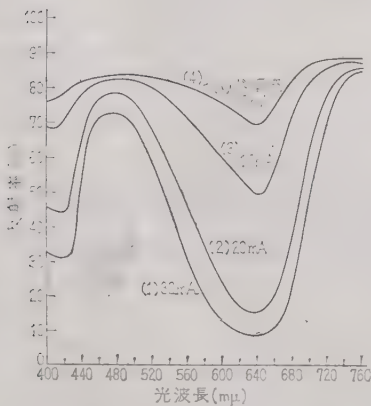
第 15 図 黄の分光反射率曲線



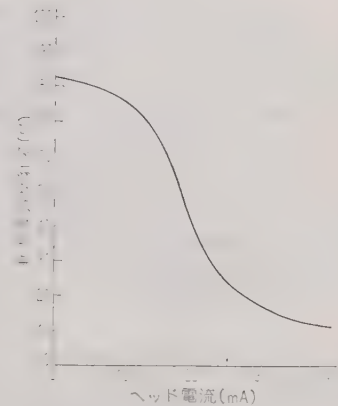
第 18 図 CIE 色度図

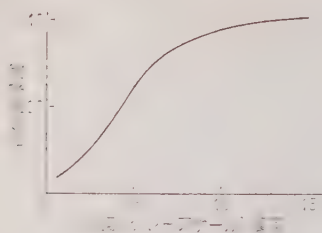


第 16 図 マゼンタの分光反射率曲線

第 19 図 刷り合わせた青, 緑, 赤の
分光反射率曲線

第 17 図 シアンの分光反射率曲線

第 20 図 記録時のヘッド電流と
転写後の反射率の関係



第 21 図 ファクシミリにおける
原画と再生画の濃度関係

の改善に努力した。

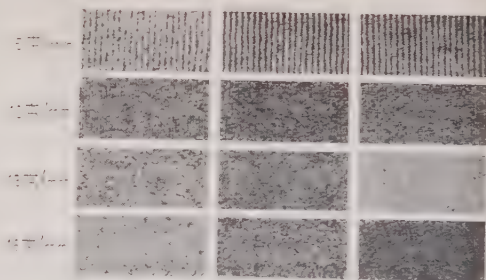
ヘッドに加えられるパルス電流を変えて記録した磁気シートを、現像してからゴム系接着剤をもつ白紙に転写し、その濃度を分光光度計で測定した結果第 20 図のようになった。磁気テープの初期磁化曲線の曲りから、濃度とパルス電流の間に非線形関係があることが示されている。したがって適当なバイアス電流を加える必要がある。

第 21 図は、グレースケールを原画として記録したときの濃度関係を示す。黒染した鉄粉の濃度は転写されたとき、黒染からわかるように最大 1.6 ぐらいまで濃く転写される（印画紙）の 1.9、および印刷の 1.4 以上と比べると濃くないので、今後の問題点は電気回線での伝送遅延または強調を行うことと、濃度を調整することにある。

7. 解 像 度

マグネトグラフィの解像度は、記録する磁気テープの波長によって異なるので、ここでは本質的な問題にしばって考える。

磁気テープに普通の録音再生をした場合、磁気ヘッドのギャップの長さにもよるが、 10μ 以下の波長で記録することはむずかしくないので、磁気テープの解像度も記録方法および現像粉の大きさで解像度は決まってしまう。また湿式現像法は、カーボニル鉄粉のようなミクロン以下の超微鉄粉を用いるので、われわれの応用には支障を与えない。計測に用いられる乾式現像粉はおおよそ $20\sim 40\mu$ 程度であるが、それ以下のものも含んでいる場合が多い。



第 22 図 解像度 乾式現像

解像度の測定は、6mm 幅の磁気テープに適当な波長の録音をしたのち、乾式現像して顕微鏡で観察した。

第 22 図は、上記テープからセロテープでガラス板上に転写したものを顕微鏡で撮影したものである。鉄粉の種類によって多少の差はあるが、いずれも 16 本/mm 以上の解像度を持っていることがわかる。

カラー現像したときの解像度は、染料が溶媒に溶かされるため上述の解像度より低下する。実験によれば約 7 本/mm 程度である。

8. む す び

マグネトグラフィはいろいろな点で静電写真と似ているが、現像法が適切でなかったため計測に対する応用の途が閉ざされていた。われわれの開発した乾式現像法は充分その応用に耐えられるものと思うので、今後さらに改良を進めてゆきたいと思う。

終りにご指導、ごべんたつを賜った植村次長、ならびに試作および実験に協力して下さった方々に、深くお礼申し上げる次第である。

(昭和 35 年 11 月 4 日受付)

文 献

- (1) R. E. Atkinson: Journal of Franklin Inst. p. 374 (1951-11)
- (2) S. J. Begun: IRE National Convention Record 6, Pt. 5 (1958)
- (3) 植村: 音響学会講演論文集 127 (昭 34-5)
- (4) 植村・松本: 応用物理学会連合大会予稿 292 (昭 35-4)
- (5) 植村・松本・村本: 通信学会電子計算機専門委員会資料 (昭 35-10)
- (6) 植村・松本・横山・細木: 昭 35 通信学会全国大会予稿 71

UDC 621.375.3.012.6

磁 気 増 幅 器 の 過 渡 応 答*

資料・論文

36-60

正 員 水 上 憲 夫†

1. 結 言

磁気増幅器は自動制御系の構成要素として使用されることが多いから、静特性以外に動特性が重要でありそれに関する研究も数多く発表されている。しかしまだ不明の点も少なからず存在するので、これらについて筆者の検討したところを報告する。一般に動特性は過渡応答または周波数応答によって表わされるが、本論文は前者に関するものである。

さて、従来磁気増幅器の過渡応答は時定数または応答時間を用いて表わされてきた。⁽¹⁾ Johannessen 氏はこれに対し、磁気増幅器が交流電源周波数の半サイクル間の平均出力を制御する点に着目し、入出力信号間の関係を表現するのに、各半サイクルにおける平均値に関する差分方程式を採用した。⁽²⁾ 以来この方法は多くの研究者により、鉄心の磁化特性をそれぞれ適当に仮定したうえ各種回路の解析に使用されてきた。^{(3)~(11)} しかしこの方法は繁雑であり、また従来の解析的研究にしばしば採用されたように方形ヒステリシス曲線を仮定すると、結果が非線形になり工学的応用に不便である。そのうえ動作磁化曲線それ自身複雑で不明確な点を多く残している。このような理由から筆者はさきに鉄心特性の表現法として、誘起電圧（リセット電圧）、制御電圧、交流印加電圧および点弧角間の関数関係を想定する方法を提案した。⁽¹²⁾ しかし、この方法にも応用上不便な点があるので、本論文では変数の取り方を改め、リセット電圧と各巻線のアンペア回数間の関数関係を想定することになっている。この新しい方法には各変数を端子より測定することが可能で、また、その関係式の係数を増幅度より決定できる有利さがある。

次に従来の研究は制御電圧の変化に対する応答だけを取り扱っているが、磁気増幅器は制御回路抵抗を加減して制御される場合があり、また交流印加電圧や負荷抵抗の変化が外乱として加わることがある。これらの場合の過渡応答についてはあとの2者に関する Storm 氏の研究があるだけで、⁽¹³⁾ しかも差分方程式導入以前のもので対象も可飽和リアクトルに限られてい

る。これに対し本論文は、従来個々に論じられてきた外部帰還形や自己飽和形を含めて一般的に制御電圧、交流印加電圧、制御回路抵抗および負荷抵抗の変化に対する過渡応答を求めることを目的とする。そのため動特性を示す差分方程式（以下基本式という）に交流印加電圧の項を加えている。

上述の方針のもとに以下可飽和リアクトル（SR と略記）外部帰還形および自己飽和形増幅器の基本式を誘導し、これらの基本式が回路の種類によっていかに相違するかを述べ、さらにこの基本式を解いて上述のステップ状入力に対する過渡応答を求め、実験結果と比較してある。

2. 仮 定

解析に際して次の仮定を設ける。

(i) 鉄心特性 屈曲点以下では誘起電圧は各巻線の全アンペア回数に比例するものとする。仮定 (iv) の動作範囲でリセット半サイクル中鉄心が飽和することがない場合、この関係は平均値についても成立する。たとえば第1図の外部帰還形増幅器に関しては

$$E_r = f(N_o I_o - N_g I_g + N_f I_f)$$

この式の Taylor 展開の二次以上の項を省略して

$$\Delta I_o = \frac{N_g}{N_o} \Delta I_g - \frac{N_f}{N_o} \Delta I_f + c \Delta E_r \dots\dots\dots (1)^*$$

(1) 式の仮定は励磁電流が印加電圧に比例する場合、たとえば磁化電流を無視できる鉄心でうず電流がある場合には完全に成立する。すなわち全変化範囲で c は一定である。その他の場合は微小変化範囲で c が一定と考える。また鉄心の飽和は完全に屈曲点以上では磁束変化を示さないものとする。

(ii) 整流器は順方向では一定の抵抗を示し、逆方向では電流が流れないものとする。また、いわゆる転流現象は生じないものとする。

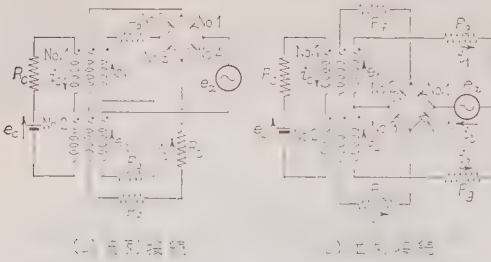
(iii) 負荷回路も制御回路も抵抗要素だけを含むものとする。

(iv) 動作は通常の増幅範囲に限定され、飽和領域

* 前報告⁽¹²⁾では変化分に関し各巻線の電流および誘起電圧が、制御電圧、交流印加電圧、回路抵抗および点弧角の関数であると考えた。したがって逆に誘起電圧（リセット電圧）は各巻線の電流と回路抵抗の関数になる。これに巻数比の関係を導入すると、回路抵抗の変化がない場合(1)式が得られる。

* Transient Response of Magnetic Amplifiers. By N. MIZUKAMI, Member (Faculty of Engineering, Kanazawa University).

† 金沢大学工学部助教授、電気機器学担当



第 1 図 外部帰還形磁気増幅器

や負帰還領域にまたがることがないものとする。

3. 直列接続外部帰還形磁気増幅器の基本式

第 1 図 (a) に示す直列接続外部帰還形磁気増幅器について考える。仮定によって帰還巻線電流とゲート巻線電流は大きさが等しいから、整流器 No. 1, No. 3 が導通, No. 2, No. 4 が阻止している半サイクルにおいて次の回路方程式が成立する。(記号は付録参照)

$$\begin{aligned} e_c &= R_0 i_0 + n_0 e_1 + n_0 e_2 \\ e_a - e_1 - e_2 + n_f e_1 + n_f e_2 + R_0 i_1 & \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

ただし $R_0 = R_l + r$, $r = 2R_g + R_f$ + 整流器順方向抵抗の和。この半サイクル (第 n 半サイクル) では鉄心 No. 1 がゲート, No. 2 がリセットするから, e_1, e_2 の平均値はそれぞれ $E_g(n)$, $-E_r(n)$ に等しい。この関係を利用し (2) 式を平均値の関係に改めると

$$\begin{aligned} \Delta E_c(n) &= R_0 \Delta I_0(n) + n_0 \Delta E_g(n) - n_0 \Delta E_r(n) \\ \Delta E_a(n) &= R_0 \Delta I_1(n) + (1+n_f) \Delta E_g(n) \\ &\quad + (1-n_f) \Delta E_r(n) \end{aligned} \dots\dots\dots (3)$$

ただし Δ は定常値 (特に断わらないかぎり変化前の定常値) との差を表わす。また (1) 式より

$$n_0 \Delta I_0(n) = (1-n_f) \Delta I_1(n) + n_0 c \Delta E_r(n) \dots\dots\dots (4)$$

(3), (4) 式において n を $n+1$ に置き換えれば, 第 $(n+1)$ 半サイクルにおける関係式を得る。

一方, 第 $(n+1)$ 半サイクルでゲートする鉄心が飽和に達するまでの磁束変化は, 第 n 半サイクルにおけるリセット磁束量に等しいから

$$\Delta E_g(n+1) = \Delta E_r(n) \dots\dots\dots (5)$$

以上の n および $(n+1)$ 半サイクルにおける関係より次式を得る。

$$\begin{aligned} \Delta E_l(n+1) - K_1 \Delta E_l(n) \\ = K_2 \Delta E_a(n+1) - K_2' \Delta E_a(n) \\ + K_3 \Delta E_c(n+1) + K_3' \Delta E_c(n) \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

これが直列接続外部帰還形増幅器の基本式で, その係数は第 1 表に示すとおりである。直列接続 SR ではこれらの結果に $n_f = 0$ とおけばよく, $K_3 = K_3'$ となる。また特に $\Delta E_a(n) = \Delta E_a(n+1) = 0$, $c = 0$ とおけば Johannessen 氏の結果⁽²⁾ と一致する。すなわち交流印加電圧の変動と励磁電流を無視した式が誘導されていたわけである。 $n_f = 0$, $c = 0$ とおけば, 筆者がさきに直列接続 SR について求めた式⁽¹⁴⁾ になる。

4. 並列接続外部帰還形磁気増幅器の基本式

第 1 図 (b) の並列接続外部帰還形磁気増幅器において, 整流器 No. 1, No. 3 が導通, No. 2, No. 4 が阻止している半サイクルでは, 鉄心 No. 2 がゲート, No. 1 がリセットするから次の回路方程式が成立する。

$$\begin{aligned} i_l &= i_1 + i_2 \\ e_c &= R_0 i_0 + n_0 e_1 + n_0 e_2 \\ e_a &= n_f e_1 + n_f e_2 + e_2 \\ &\quad + (R_0 - R_g) i_l + R_g i_2 \\ e_1 + e_2 &= R_g i_1 - R_g i_2 \end{aligned} \dots\dots\dots (7)$$

ただし, $R_0 = R_l + r$, $r = R_g + R_f$ + 整流器順方向抵抗の和。以下前章と同様な手順で基本式を導くと, (6) 式を得る。ただし (4) 式に相当する式は

$$n_0 \Delta I_0(n) = \Delta I_1(n) - n_f \Delta I_1(n) + n_0 c \Delta E_r(n) \dots\dots\dots (8)$$

この場合 (6) 式の係数は第 1 表に示すとおりである。

第 1 表 基本式の係数

係 数	直列接続外部帰還	並列接続外部帰還	自己飽和
K_1	$\{n_0^2 R_0 - (1-n_f^2) R_0\} / \Delta_1$	$\{(R_0 + 2n_0^2 R_g)(2R_0 - R_g) - (1-4n_f^2) R_0 R_g\} / \Delta_2$	$n_0 / (n_0 - c R_0)$
K_2	$(n_0^2 - n_0 c R_0) R_l / \Delta_1$	$2(R_0 + 2n_0^2 R_g - 2n_0 c R_0 R_g) R_l / \Delta_2$	R_l / R_0
K_2'	$n_0^2 R_l / \Delta_1$	$2(R_0 + 2n_0^2 R_g) R_l / \Delta_2$	$K_1 K_2$
K_3	$n_0(1-n_f) R_l / \Delta_1$	$2n_0(1-2n_f) R_g R_l / \Delta_2$	0
K_3'	$n_0(1+n_f) R_l / \Delta_1$	$2n_0(1+2n_f) R_g R_l / \Delta_2$	K_2' / n_0

ただし $\Delta_1 = (n_0^2 - n_0 c R_0) R_0 + (1-n_f)^2 R_0$

$\Delta_2 = (R_0 + 2n_0^2 R_g - 2n_0 c R_0 R_g)(2R_0 - R_g) + (1-2n_f)^2 R_0 R_g$

決定できる。なお(1)式において巻線が制御巻線だけの場合を考えると $\Delta I_c = c \Delta E_r$ の関係が得られるから、 c はたとえば交流磁化特性からも求められることがわかる。第3表は以上の二つの方法によって求めた c の測定例であるが、二つの方法では同程度の結果を得ている。

7. 制御電圧が変化した場合の過渡応答

制御電圧がステップ状に変化した場合の負荷電圧の過渡応答を求めよう。

第0半サイクルから第1半サイクルに移る際に制御電圧が ΔE_c だけ変化したとすれば、

$$\Delta E_c(n) = \Delta E_c, \quad (n \geq 1) \quad \Delta E_c(0) = 0 \quad \dots\dots (13)$$

また交流印加電圧は変化しないから

$$\Delta E_a(n) = 0, \quad (n \geq 0) \quad \dots\dots (14)$$

第0半サイクルでは定常状態にあるから

$$\Delta E_l(0) = 0 \quad \dots\dots (15)$$

(13) ~ (15) 式の条件のもとに(6)式を解けば

$$\Delta E_l(\infty) - \Delta E_l(n) = K_1^{n-1} (A_v - K_3) \Delta E_c \quad \dots\dots (16)$$

$$\text{ただし} \quad \Delta E_l(\infty) = A_v \Delta E_c \quad \dots\dots (17)$$

すなわち最終値と過渡値との差は、公比 K_1 の等比数列で減少する。また(16)式で表わされる各半サイクルの平均値は Discrete に与えられているが、この値をその半サイクルの中央における値とする連続な時間関数は、(16)式において $n = t/T + 1/2$ として得られる。すなわち

$$K_1^n = e^{n \ln K_1} = \sqrt{K_1} e^{-\frac{t}{\tau}} \\ \tau = -T / \ln K_1 \quad \dots\dots (18)$$

であるから、(16)式は

$$\Delta E_l(\infty) - \Delta E_l(t) = \frac{A_v - K_3}{\sqrt{K_1}} \Delta E_c e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \dots (19)$$

すなわち指数関数で表わされ、その時定数は(18)式に示すように係数 K_1 で定まる。特に自由磁化の場合 ($R_0 \gg R_c$) もしくは励磁電流が無視できる場合 ($c \approx 0$) は K_1 がきわめて1に近いから

$$\sqrt{K_1} = \sqrt{1 - (1 - K_1)} \approx (1 + K_1)/2 \\ \ln K_1 = -2 \left\{ \left(\frac{1 - K_1}{1 + K_1} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{1 - K_1}{1 + K_1} \right)^3 + \dots \right\} \\ \approx -2 \left(\frac{1 - K_1}{1 + K_1} \right)$$

これを(18)、(19)式に代入して

$$\tau \approx \frac{T}{2} \frac{1 + K_1}{1 - K_1} = \frac{1}{4f} \frac{1 + K_1}{1 - K_1} \quad \dots\dots (20) \\ \Delta E_l(\infty) - \Delta E_l(n) \approx 2 \frac{(A_v - K_3)}{1 + K_1} \Delta E_c e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \dots\dots (21)$$

$R_0 \gg R_c$ または $c \approx 0$ の場合の外部帰還形の基本式の係数および時定数を第4表に示す。この時定数は $R_0 = R_l$ とすれば従来式と一致するが、初期値は(21)式と従来式とで異なる。また自己飽和形では第1表の K_1 および第2表の c の値を用いて

$$\tau \approx \frac{1}{4f} \left(1 + 2 \frac{N_c}{N_g} \frac{R_0}{R_c} A_v \right) = \frac{1}{4f} \left(1 + 2 \frac{N_c}{N_g} \frac{R_0}{R_l} A_v \right) \\ \approx \frac{1}{2f} \frac{N_c}{N_g} \frac{R_0}{R_l} A_v \quad \dots\dots (22)$$

(18)式および(22)式の三つの値は第5表に示すように、 $(N_c/N_g)(R_0/R_l)A_v$ のきわめて小さい部分を除いてほとんど差がない。 R_0 を負荷抵抗値と考えれば従来用いられてきた式 $(1/2f)(N_c/N_g)A_v$ も実用的な表現という。なお、自己飽和形では(21)式において $K_3 = 0$ である。

第4表 外部帰還形の基本式の係数および時定数
(自由磁化の場合、励磁電流が無視できる場合)

直 列 接 続		並 列 接 続	
K_1	$\{n_c^2 R_0 - (1 - n_f^2) R_c\} / \Delta_1'$	$\{(R_c + 2n_c^2 R_g)(2R_0 - R_g) - (1 - 4n_f^2) R_c R_g\} / \Delta_2'$	
K_2	$n_c^2 R_l / \Delta_1'$	$2(R_c + 2n_c^2 R_g) R_l / \Delta_2'$	
K_2'	$= K_2$	$= K_2$	
K_3	$n_c(1 - n_f) R_l / \Delta_1'$	$2n_c(1 - 2n_f) R_g R_l / \Delta_2'$	
K_3'	$n_c(1 + n_f) R_l / \Delta_1'$	$2n_c(1 + 2n_f) R_g R_l / \Delta_2'$	
τ	$\frac{n_c^2 R_0 - n_f(1 - n_f) R_c}{4f(1 - n_f) R_c}$	$\frac{(R_c + 2n_c^2 R_g)(2R_0 - R_g) - 2n_f(1 - 2n_f) R_c R_g}{4f(1 - 2n_f) R_c R_g}$	

$$\Delta_1' = n_c^2 R_0 + (1 - n_f)^2 R_c$$

$$\Delta_2' = (R_c + 2n_c^2 R_g)(2R_0 - R_g) + (1 - 2n_f)^2 R_c R_g$$

第 5 表 自己飽和形の時定数

$\frac{N_c R_0}{N_g R_i} A_v$	K_1	時 定 数 (半サイクル)		
		$\frac{1}{2f} \frac{1}{\ln K_1}$	$\frac{1}{2f} \left(\frac{N_c R_0}{N_g R_i} A_v + \frac{1}{2} \right)$	$\frac{1}{2f} \frac{N_c R_0}{N_g R_i} A_v$
1	0.500	1.44	1.50	1.00
3	0.750	3.48	3.50	3.00
10	0.909	10.49	10.50	10.00
100	0.990	100.50	100.50	100.00

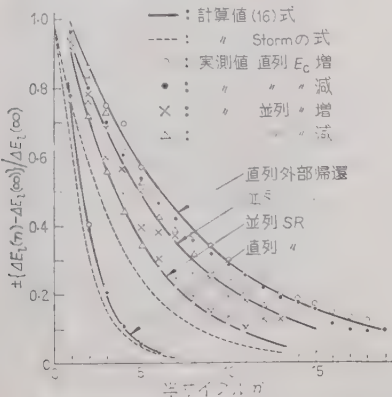
第 6 表 供試増幅器 (SR, 外部帰還形)

回 路	直列接続 SR	並列接続 SR	直列接続外部帰還	並列接続 外部帰還
鉄 心	0.1×10×55×75		0.1×20×50×70	
巻 回 数	N_g 420 N_c " N_f 0	300 " 240	300 " 30	300 " 30
回 路 抵 抗 (Ω)	R_l 96.0 R_c 30.4 R_o 99.5 A_v 0.925 K_1 0.514 K_2 0.748 K_2' 0.714 K_3 " K_3' "	6.23 37.4 14.2 1.90 0.789 4.37 0.880 0.867 0.174 0.031 1.57	95.9 31.3 107.6 4.37 0.930 0.885 0.878 0.175 1.58	24.3 39.0 32.7 2.28 0.850 0.086 0.128

鉄心：センデルタ巻鉄心，整流器：Ge，交流電源：60 c/s 配電線

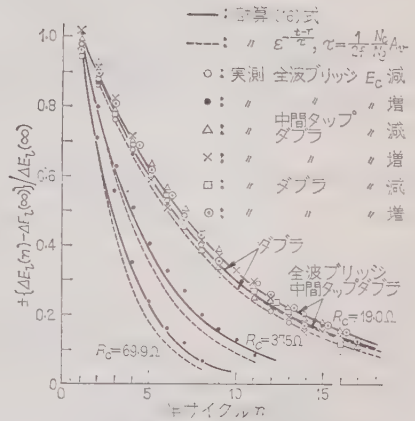
第 7 表 供試増幅器 (自己飽和形)

回 路	ダ ブ ラ			全 波 ブリッジ	中間タップ ダブル
R_c (Ω)	19.0	37.5	69.9	19.0	19.0
A_v	18.1	17.8	20.0	17.0	16.8
K_1	0.882	0.787	0.689	0.875	0.874
K_2	0.863	0.863	0.863	0.863	0.863
K_2'	0.762	0.680	0.587	0.755	0.754
K_3'	11.9	10.6	9.15	11.8	11.8

リアクトル：Westinghouse 社 No. 3712，巻回数： $N_g=1,250$ T， $N_c=80$ T，回路抵抗： $R_l=106.3 \Omega$ ， $R_g=16.3 \Omega$ ，整流器：Ge，交流電源：60 c/s 配電線

第 3 図 制御電圧変化に対する過渡応答 (SR および外部帰還形)

次に以上の解析結果を実験と比較した。第 3 図は第 6 表に示す SR および外部帰還形についての実測例である。また第 4 図は第 7 表に示した自己飽和形についての実測例である。これらの測定は電磁オシログラフを用い、オシオグラム上で各半サイ



第 4 図 制御電圧変化に対する過渡応答 (自己飽和形)

クルの平均値を求めた。また計算値は (16) 式，Storm 氏の式⁽¹³⁾ および半サイクルのむだ時間と $(1/2f) \times (N_c/N_g) A_v$ の時定数を有する指数関数によって計算した。実験と計算はだいたい一致しているが，Storm 氏の式では初期値および並列接続の場合の時定数の一致がよくない。

8. 交流印加電圧が変化した場合の過渡応答⁽¹⁵⁾

交流印加電圧がステップ状に変化した場合の負荷電圧の過渡応答を考えよう。第 0 半サイクルから第 1 半サイクルに移る際に交流印加電圧が ΔE_a だけステップ状に変化したとすると

$$\Delta E_a(n) = \Delta E_a, \quad (n \geq 1) \quad \Delta E_a(0) = 0 \dots \dots (23)$$

また制御電圧は変化しないから

$$\Delta E_c(n) = 0, \quad (n \geq 0) \dots \dots (24)$$

$\Delta E_l(0) = 0$ および (23), (24) 式の条件のもとに，(6) 式を解けば

$$\Delta E_l(n) - \Delta E_l(\infty) = K_1^{n-1} \frac{K_2' - K_1 K_2}{1 - K_1} \Delta E_a \dots \dots (25)$$

$$\Delta E_l(\infty) = \frac{K_2 - K_2'}{1 - K_1} \Delta E_a \quad (26)$$

この場合の過渡応答も制御電圧が変化した場合の過渡応答と同じく公比 K_1 の等比数列になる。

また前章と同様に連続な時間関数で表わせば

$$\Delta E_l(t) - \Delta E_l(\infty) = \frac{K_2' - K_1 K_2}{1 - K_1} \frac{\Delta E_a}{\sqrt{K_1}} e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (27)$$

ただし、 τ は (18) 式で示される。

自由磁化の場合もしくは励磁電流を無視できる場合は、 K_1 はきわめて 1 に近く、また $K_2' = K_2$ であるから

$$\Delta E_l(\infty) = 0, \quad \Delta E_l(t) \simeq \frac{2K_2}{1 + K_1} \Delta E_a e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (28)$$

ただし τ は (20) 式で示される。(28) 式の K_1, K_2 に第 4 表の値を代入すれば

$$\begin{aligned} \frac{2K_2}{1 + K_1} &= \frac{n_o^2 R_l}{n_o^2 R_o - n_f(1 - n_f) R_o} \simeq \frac{R_l}{R_o} \quad (\text{直列接続}) \\ \frac{2K_2}{1 + K_1} &= \frac{2(R_o + 2n_o^2 R_g) R_l}{(R_o + 2n_o^2 R_g)(2R_o - R_g)} * \\ &\quad * \frac{-2n_f(1 - 2n_f) R_o R_g}{-2n_f(1 - 2n_f) R_o R_g} \simeq \frac{R_l}{R_o} \quad (\text{並列接続}) \end{aligned}$$

すなわち、交流印加電圧の変化瞬時には $(R_l/R_o) \Delta E_a$ だけの变化が負荷電圧に現われ、以後指数関数的に減衰して 0 に近づく、そしてその時定数は制御電圧が変化した場合のものと同一である。

また負荷電流の変化の初期値は (28) 式より

$$\frac{\Delta E_l(0)}{R_l} = \frac{2K_2}{1 + K_1} \frac{\Delta E_a}{R_l} \simeq \frac{\Delta E_a}{R_o}$$

すなわち、交流印加電圧の変化量を出力回路の全抵抗で除した値、いかえれば交流印加電圧変化前の増幅特性の飽和負荷電流と変化後のそれとの差に等しい。

SR の場合 係数 K_1, K_2, K_2' において $n_f = 0$ とおけば以上の結果がそのまま適用できる。従来 SR は交流印加電圧変動の影響を受けないとされてきたが、それは定常状態に限ってのことで、過渡状態では (25) 式または (27) 式に見られるように顕著な過渡応答を示す。特に (27) 式で $R_g = 0, c = 0$ とおけば、Storm 氏が直列接続 SR について直観的に誘導した式⁽¹³⁾と一致する。

自己飽和形の場合 第 1 表の係数を (25), (26) 式に代入すれば

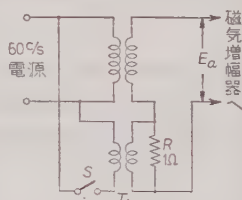
$$\Delta E_l(n) = \Delta E_l(\infty) = K_2 \Delta E_a = R_l/R_o \cdot \Delta E_a \quad (29)$$

これは n に無関係である。すなわち交流印加電圧の変動に対し負荷電圧は遅れなく追従し、その変化の大きさは負荷抵抗と出力回路全抵抗の比によって定まる。また負荷電流の変化は

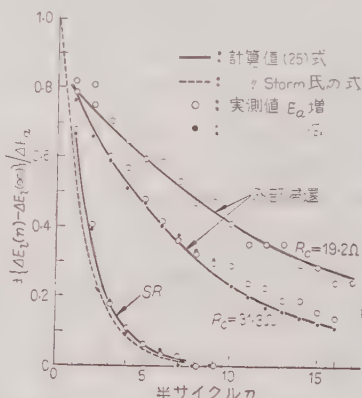
$$\Delta I_l(n) = \Delta E_l(n)/R_l = \Delta E_a/R_o$$

すなわち増幅特性における負荷電流の飽和値の差に等しい。

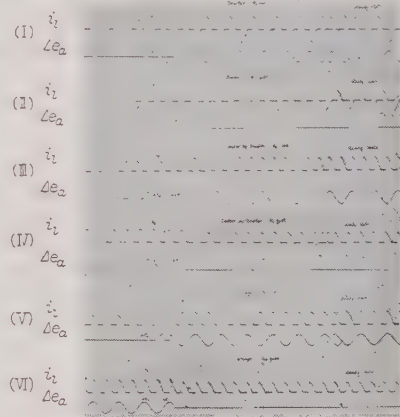
以上の解析結果を確かめるため次の実験を行った。第 5 図の回路でスイッチ S を閉じると、補助変圧器 T_A によって増幅器に加わ



第 5 図 交流印加電圧変化の与え方



第 6 図 交流印加電圧変化に対する過渡応答 (直列 SR および外部帰還)



(I) ダブラ, E_a 増, (II) ダブラ, E_a 減, (III) 中間タップダブラ, E_a 増, (IV) 中間タップダブラ, E_a 減, (V) 全波ブリッジ, E_a 増, (VI) 全波ブリッジ, E_a 減。右端は比較のための定常状態

第 7 図 交流印加電圧変化に対する過渡応答 (自己飽和形)

る交流電圧 E_a が増加する。また T_A の極性を逆にすると E_a が減少する。 R は増幅器側から見たインピーダンスが S の開閉によって変化しないようにそう入した抵抗である。第6図、第7図はこのようにして E_a を変化した場合の負荷電圧の過渡応答の実測例である。第6図は第5表の直列接続 SR および外部帰還形を用いたもので、(25) 式による計算値と Storm 氏の式⁽¹³⁾ による計算値が比較してある。時定数は両式とも実験と一致しているが、初期値は (25) 式のほうがよく一致する。また第7図は第6表の自己飽和形の場合のオシログラムであるが、交流印加電圧の変化に即応することがよく示されている。

9. 制御回路抵抗が変化した場合の過渡応答

制御電圧および交流印加電圧が一定で、制御回路抵抗が変化した場合の負荷電圧の過渡応答を考えよう。第0半サイクルで定常状態にあったものが第1半サイクルに移る際に、制御回路抵抗が R_0 から $R_0 + \Delta R_0$ に変化し、それにつれて K_1 が $K_1 + \Delta K_1$ になったとすると、(6) 式において $n \geq 0$ なる n に対し $\Delta E_a(n) = 0$, $\Delta E_c(n) = 0$ であるから

$$\Delta E_l(n) = (K_1 + \Delta K_1)^{n-1} \Delta E_l(1) \dots\dots(30)$$

連続関数で表わせば

$$\Delta E_l(t) = \frac{\Delta E_l(1)}{\sqrt{K_1 + \Delta K_1}} \varepsilon^{-\frac{t}{\tau}} \dots\dots(31)$$

ただし $\tau = -T / \ln(K_1 + \Delta K_1) \dots\dots(32)$

特に $K_1 + \Delta K_1$ が1に近い場合は

$$\Delta E_l(t) \approx \frac{2}{1 + K_1 + \Delta K_1} \Delta E_l(1) \varepsilon^{-\frac{t}{\tau}} \dots\dots(33)$$

$$\tau \approx \frac{1}{4f} \frac{1 + (K_1 + \Delta K_1)}{1 - (K_1 + \Delta K_1)} \dots\dots(34)$$

以上の諸式より $\Delta E_l(1)$ がわかれば $\Delta E_l(n)$ を決定できる。 $\Delta E_l(1)$ は次のようにして $\Delta I_l(0)$ が定まり、これよりただちに求められる。ただし Δ は制御回路抵抗が $R_0 + \Delta R_0$ の場合の定常値との差を表わす。

(9・1) 直列接続外部帰還形 (3)~(5) 式において、 $n=0$ で定常状態にあること、および $n=1$ で制御回路抵抗が変化することを考慮すれば

$$\left. \begin{aligned} (R_0 + \Delta R_0) \Delta I_0(1) + n_0 \Delta E_g(1) \\ - n_0 \Delta E_r(1) = 0 \\ R_0 \Delta I_l(1) + (1 + n_f) \Delta E_g(1) \\ + (1 - n_f) \Delta E_r(1) = 0 \\ n_0 \Delta I_0(1) = (1 - n_f) \Delta I_l(1) + n_0 c \Delta E_r(1) \\ R_0 \Delta I_l(0) + (1 + n_f) \Delta E_g(0) \end{aligned} \right\} \dots\dots(35)$$

$$+ (1 - n_f) \Delta E_r(0) = 0 \dots\dots(36)$$

$$\Delta E_g(1) = \Delta E_r(0) = \Delta E_g(0) \dots\dots(37)$$

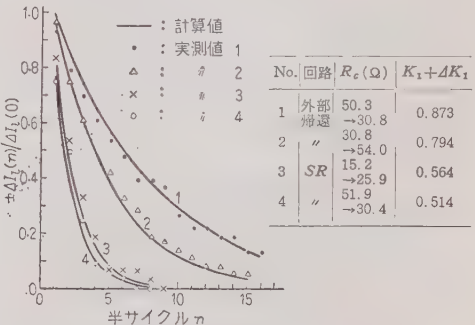
(35)~(37) 式より

$$\Delta I_l(1) = \frac{\Delta I_l(0)}{2} \frac{2n_0^2 R_0}{n_0^2 R_0 - n_0 c R_0 (R_0 + \Delta R_0)} * \\ * \frac{-n_0 c R_0 (1 + n_f) (R_0 + \Delta R_0)}{+ (1 - n_f)^2 (R_0 + \Delta R_0)} \dots\dots(38)$$

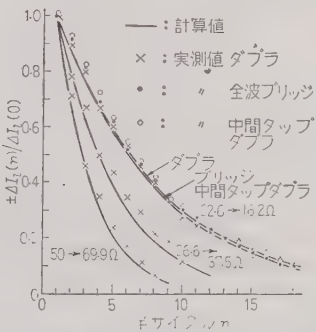
ここで $\Delta I_l(0)$ は制御回路抵抗変化前後の定常値の差であって、静特性より実験的に求めればよい。

(9・2) 並列接続外部帰還形 (9・1) 節と同様にして

$$\Delta I_l(1) = \frac{(R_0 + \Delta R_0) \{1 - n_0 c R_0 (1 + 2n_f)\}}{(1 - 2n_f) (R_0 - n_f R_0) (R_0 + \Delta R_0)} * \\ * \frac{+ 2n_0^2 R_0}{+ (2R_0 - R_0) \{ (n_f - n_0 c R_0) (R_0 + \Delta R_0) + n_0^2 R_0 \}} \\ \times (2R_0 - R_0/2) \Delta I_l(0) \dots\dots(39)$$



第8図 制御回路抵抗変化に対する過渡応答 (第6表 SR および外部帰還形)



第9図 制御回路抵抗変化に対する過渡応答 (第7表自己飽和形)

(9・3) 自己飽和形 (35)～(37) 式と同様に以下の式が成立する。

$$R_0 \Delta I_L(0) + \Delta E_g(0) = 0, \quad R_0 \Delta I_L(1) + \Delta E_g(1) = 0, \\ \Delta E_g(1) = \Delta E_r(0) = \Delta E_g(0)$$

以上の諸式より

すなわち第1半サイクルでは負荷電流に変化がない。

以上の解析結果を確かめるために行った実験結果を第9および第10図に示す。両図には (30)～(40) 式による計算値と比較してあるが、実験とかなりよく一致している。

10. 負荷抵抗が変化した場合の過渡応答

負荷電圧および交流電源電圧が一定で、負荷抵抗が変化した場合の過渡応答を考えよう。第1半サイクルで定常状態にあったのが第1半サイクルに移る際に R_L が $R_L + \Delta R_L$ に、 K_L が $K_L + \Delta K_L$ に変化したとすると (30) 式と同一の関係が得られる。ここにおいて $\Delta E_L(1)$ は以下のようにして求められる。ただし本章においても Δ は負荷抵抗が $R_L + \Delta R_L$ の場合の定常値との差をあらわす。

(10・1) 直列接続外部帰還形 (3)～(5) 式において、 $n=0$ で定常状態にあること、および $n=1$ で負荷抵抗が変化する事を考慮すれば

$$R_0 \Delta I_L(0) - \Delta R_L I_L(\infty) + (1+n_f) \Delta E_g(0) \\ + (1-n_f) \Delta E_r(0) = 0$$

$$R_0 \Delta I_L(1) + n_c \Delta E_g(1) - n_c \Delta E_r(1) = 0$$

$$(R_0 + \Delta R_L) \Delta I_L(1) + (1+n_f) \Delta E_g(1) \\ + (1-n_f) \Delta E_r(1) =$$

$$n_c \Delta I_L(1) = (1-n_f) \Delta I_L(1) + n_c \Delta E_r(1)$$

$$\Delta E_g(1) = \Delta E_r(0) = \Delta E_g(0)$$

以上の関係より

$$\Delta I_L = \frac{n_c^2 - n_c R_0}{(n_c^2 - n_c R_0)(R_0 + \Delta R_L) + (1-n_f)^2 R_0} \\ \times \frac{\Delta R_L I_L(\infty) - R_0 \Delta I_L(0)}{n_c} \quad (41)$$

$$\Delta E_L(1) = (R_0 + \Delta R_L) \Delta I_L(1) \quad (42)$$

ここで $I_L(\infty)$ および $\Delta I_L(0)$ は静特性から求められる。特に励磁電流が無視できる場合は $\Delta I_L(0) = 0$ 、

$c=0$ において

$$\Delta I_L(1)/I_L(\infty) = \Delta E_L(1)/E_L(\infty) \\ = \frac{-\Delta R_L}{R_0 + \Delta R_L + (1-n_f)^2 R_0/n_c^2} \quad (43)$$

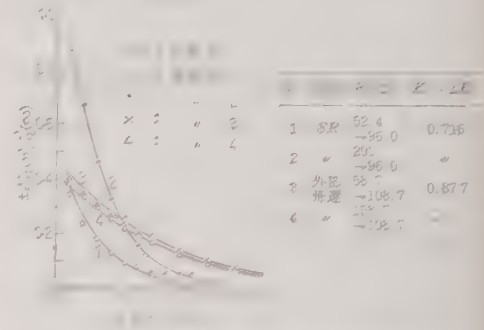
さらに自由磁化の場合は

$$\frac{\Delta I_L}{I_L(\infty)} = \frac{\Delta E_L}{E_L(\infty)} = \frac{-\Delta R_L}{R_0 + \Delta R_L} \quad (44)$$

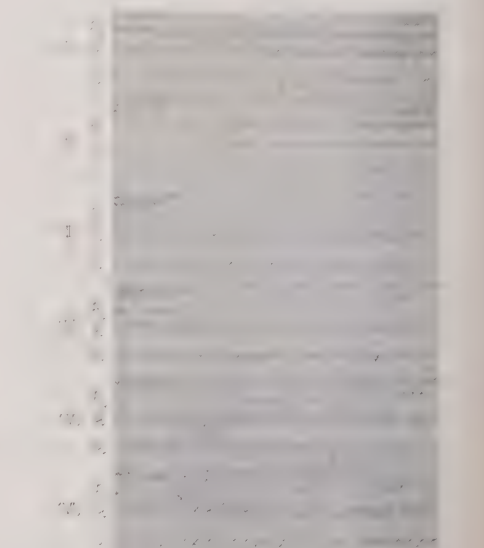
すなわち n_f にほとんど関係しない。

(10・2) 並列接続外部帰還形 (10・1 節と同様にして

$$\Delta I_L(1) = \frac{-2 R_0 + 2 n_c^2 R_0}{R_0 + \Delta R_L - R_0} + 1 - 2 n_f^2 R_0 R_0 \\ + 2 (1 + 2 n_f n_c R_0 R_0) \\ * \frac{1}{2} R_0 + \Delta R_L - R_0 \quad (45)$$



第 10 図 負荷抵抗変化に対する過渡応答 (SR および PR 帰還形)



(I) ダブラ, R_L 減, (II) ダブラ, R_L 増, (III) 中間タップダブラ, R_L 減, (IV) 中間タップダブラ, R_L 増, (V) 全波ブリッジ, R_L 減, (VI) 全波ブリッジ, R_L 増, 右端の数字は定常状態

第 11 図 負荷抵抗変化に対する過渡応答 (自己飽和形)

試験は下記的项目順に実施された。

(1) 油温- $\tan \delta$ 特性と絶縁抵抗の測定、(2) 衝撃(標準波)絶縁破壊試験、(3) 商用周波絶縁破壊試験、(4) 変圧器油の特性の測定。

なお現用柱上変圧器は旧規格、Z 規格および現行規格によるものがあり、また劣化しているものがあることを予想して、衝撃絶縁破壊試験は絶縁等級 3 号の H₁ (45 kV) を基準にしてその 50~150 % の電圧を片端子の一端に印加した場合(他端子は接地)に実施し、また巻線部分の絶縁耐力を知るためには H₁ の 80~200 % の電圧を両端子一括して印加した。商用周波絶縁破壊試験では商用周波試験電圧は 1 kV であるが、3~41 kV の電圧を 2 kV おきに階段的に上昇し印加した。

試験結果整理の方針としては、各種絶縁特性の経過数、変圧器容量による差異および劣化の度合の推定を目的として、変圧器容量については配電線の柱上変圧器平均容量が 7.5 kVA 内外で⁽⁴⁾あるところから 3 区分に、製作年度については規格別とし、現行規格の中では数年経過したものも最近の製品とに分け、4 区分に下記のように分類し、試験結果はこれらの分類より整理して統計的考察を行うこととした。

変圧器容量による分類 (イ) 1~5 kVA のもの、(ロ) 7.5~10 kVA のもの、(ハ) 15 kVA 以上のもの。

製作年度による分類 (イ) 昭和 15 年以前の製品(旧規格によるもの)、(ロ) 昭和 16~25 年の製品 (Z 規格によるもの)、(ハ) 昭和 26~29 年の製品(現行規格によるもの)、(ニ) 昭和 30 年以後の製品(最近のもの)。

なお、衝撃耐圧は上記のように規格により異なっているが、3 号 A 種の値と同じ BIL (45 kV) を基準として衝撃絶縁耐力を考察している。

3. 衝撃破壊電圧と破壊箇所

(3.1) 最小衝撃破壊電圧 耐雷設計の見地より、使用状態における衝撃絶縁耐力が問題であるが、劣化および製作年度の各区分と一端印加の場合の最小衝撃破壊電圧との関係を累積分布曲線で示すと第 1 図、第 2 図となり、さらに各区分について平均値と標準偏差を求めると第 2 表を得る。

(1) 変圧器容量の大小による差が若干あり、容量が大きくなるにしたがって破壊電圧が大きくなる傾向がある。また、平均値は各区分とも BIL に七であるが 1 kVA 以上のものの平均値が若干大きく、かつ標準偏差では容量が大きくなるにしたがって、逆に若干小さ

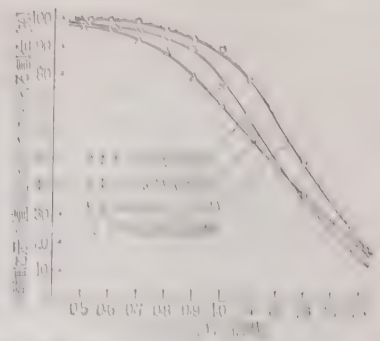


図 1 1~5 kVA の柱上変圧器の最小衝撃破壊電圧

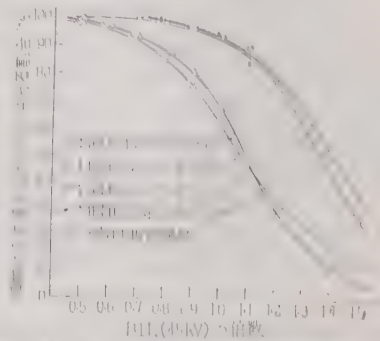


図 2 7.5~10 kVA の柱上変圧器の最小衝撃破壊電圧

第 2 表 柱上変圧器の最小衝撃破壊電圧の平均値と標準偏差

区分	1~5 kVA 容量 (kVA)				製作年度			
1 号 A 種	2 号 A 種	3 号 A 種	3 号 B 種	3 号 C 種	昭和 16~25 年	昭和 26~29 年	昭和 30 年以後	平均
平均値	1.17	1.18	1.20	1.09	1.10	1.13	1.34	
標準偏差	0.294	0.254	0.333	0.247	0.278	0.205	0.309	

注: 1. 1 号 A 種は 10 kVA 以下、2 号 A 種は 10~15 kVA、3 号 A 種は 15~50 kVA、3 号 B 種は 50~100 kVA、3 号 C 種は 100 kVA 以上。

くなる傾向が認められる。BIL と比較すると、容量順の各区分でそれぞれ 30 %、27 %、11 % がこの値以下であるが、3 号 B 種を基準にしてみると各区分の範囲が小さくなり、5 kVA 以下のものでも約 6 % が基準値以下である。また BIL の 0.5 倍の点を考えると 15 kVA 以上はこの値以下のものがなく、小容量のものでも 2~3 % となっている。

これらの結果より、小容量のものは構造上から絶縁耐力に制約を受けていることが推察されるが、今後容量に関係なく BIL を衝撃耐力として考慮し、製作上構造による絶縁耐力の差をなくす努力が、絶縁協調の面から特に必要であろう。

(2) 製作年度では、昭和 25 年以前の製品と昭和

第 4 表 高圧ブッシングの衝撃破壊電圧の
平均値と標準偏差（製作年度別）

	昭和 15 年 以 前	昭和 16～25 年	昭和 26～28 年	昭和 29 年 以後
平均 値	1.19	1.11	1.96	1.39
標準 偏 差	0.265	0.308	0.155	0.165

注：表中の数値は BIL (45 kV) に対する倍影。

破壊電圧を製作年度の各区分で示すと第 3 図となり。このうちブッシング部分で絶縁破壊したものを記録すると第 4 図となる。また平均値と標準偏差を求めると第 4 表となる。

(1) 第 4 図によると、昭和 26 年以後の製品ではブッシング絶縁耐力は全部 BIL 以上であり、昭和 25 年以前の製品では BIL 以下が約 20%、昭和 23～25 年の製品では約 40% となっている。これを第 2 表と比較すると、現行規格による製品では、絶縁部分の絶縁破壊はリード線—ケース間で発生してゐることを認められ、また昭和 25 年以前の製品でも劣化がリード線—ケース間であることは同じである。

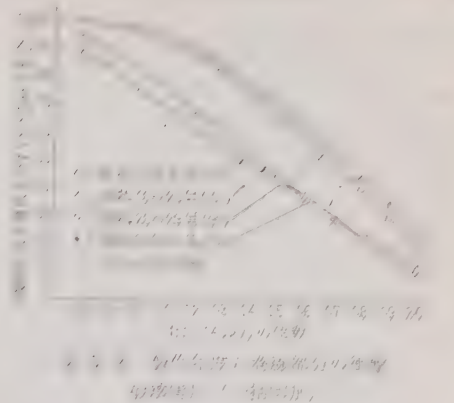
したがって、リード線—ケース間がもっとも劣化があるが、試験結果によればこのうち約 80% がケース内部で絶縁破壊しているの、巻線からの十分な衝撃耐圧を大きくするよう留意する必要がある。

(2) 第 4 表によると、昭和 26 年以前の製品と昭和 26 年以後の製品では、ブッシング部絶縁耐力の平均値にもはっきりした差があり、標準偏差も前者が大きい。なかでも Z 規格によるものは巻線耐力のばらつきが特に大きく、平均値は 1.5 以下、1.0 以下。また第 2 表と比較すると各区分とも巻線部より劣化、標準偏差では昭和 26 年以後の製品の方がよい。

すなわち、Z 規格によるものは巻線部、巻線耐力不足の時代の製品であること、現行規格によるものは製作時に特に衝撃絶縁耐力を考慮して作られたこと、材料、製作技術の進歩および検査の多化、および使用による劣化などに基礎づけられてゐるものとみるのが妥当である。

(3・4) 巻線部分の衝撃破壊電圧 第 5 表によると、巻線部分は BIL 以下の衝撃電圧で破壊されたものがほとんどないものとみられ、これを第 2 表と比較すると、誘導係リターンは劣化が認められ、劣化するとみるのが妥当であり、巻線部絶縁耐力に及ぼした影響と異なることは、巻線部絶縁耐力の劣化ももっとも過酷な劣化である。巻線部絶縁耐力の劣化の衝撃電圧を印加した場合は、巻線部絶縁耐力の 1.5 倍程度の電圧が必要である。

昭和 36 年 3 月 1 日現在、



第 5 表 巻線部分の衝撃破壊電圧の
平均値と標準偏差（製作年度別）

	昭和 15 年 以 前	昭和 16～25 年	昭和 26～28 年	昭和 29 年 以後
平均 値	1.44	1.44	1.34	1.34
標準 偏 差	0.44	0.44	0.34	0.34

第 5 表 巻線部分の衝撃破壊電圧の
平均値と標準偏差（製作年度別）
昭和 15 年以前 昭和 16～25 年 昭和 26～28 年 昭和 29 年以後

昭和 26 年以後の製品では、巻線部絶縁耐力は全部 BIL 以上であり、昭和 25 年以前の製品では BIL 以下が約 20%、昭和 23～25 年の製品では約 40% となっている。これを第 2 表と比較すると、現行規格による製品では、巻線部絶縁耐力はリード線—ケース間で発生してゐることを認められ、また昭和 25 年以前の製品でも劣化がリード線—ケース間であることは同じである。

したがって、リード線—ケース間がもっとも劣化があるが、試験結果によればこのうち約 80% がケース内部で絶縁破壊しているの、巻線からの十分な衝撃耐圧を大きくするよう留意する必要がある。

(2) 第 4 表によると、昭和 26 年以前の製品と昭和 26 年以後の製品では、ブッシング部絶縁耐力の平均値にもはっきりした差があり、標準偏差も前者が大きい。なかでも Z 規格によるものは巻線耐力のばらつきが特に大きく、平均値は 1.5 以下、1.0 以下。また第 2 表と比較すると各区分とも巻線部より劣化、標準偏差では昭和 26 年以後の製品の方がよい。

すなわち、Z 規格によるものは巻線部、巻線耐力不足の時代の製品であること、現行規格によるものは製作時に特に衝撃絶縁耐力を考慮して作られたこと、材料、製作技術の進歩および検査の多化、および使用による劣化などに基礎づけられてゐるものとみるのが妥当である。

2 電流が直線的に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

3 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

4 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

5 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

6 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

7 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

8 1kV以下では、電流が急激に増加する傾向があるが、電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

4. 商用潤滑油絶縁破壊試験結果

1 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

2 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

3 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

4 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

5 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

6 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

7 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

8 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

9 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

10 絶縁破壊試験の結果、絶縁破壊電圧が10kV以下では、電流が急激に増加する傾向がある。

絶縁破壊電圧 (kV)	絶縁破壊電流 (mA)			
	10kV以下	10kV以上	10kV以上	10kV以上
絶縁破壊電圧	10.0	10.5	11.0	11.5
絶縁破壊電流	1.0	1.5	2.0	2.5

注：表中の数値は単位 kV 中の mA である。

これらの結果より、現用の油の約 90% は商用潤滑油の絶縁破壊電圧が規格値以上であることがわかった。最新の製品は大部分 (95% 以上) が規格値を保持していることがわかった。

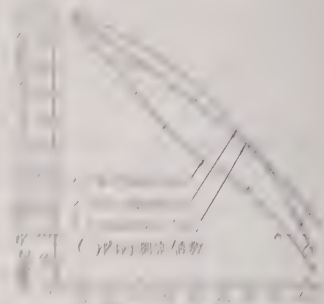


図7 製作年度別商用潤滑油の絶縁破壊試験結果

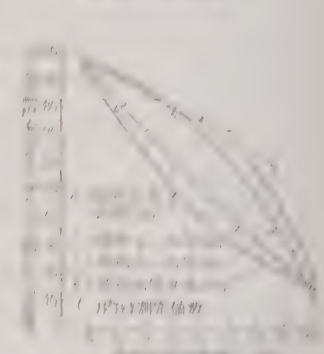


図8 製作年度別商用潤滑油の絶縁破壊試験結果

なお、上記の平均値に大きな差異があるのは、長年
 使用による劣化と製作技術の進歩が主原因である
 ことができる。

(3) JEC-131によれば、3kV 線路用避雷器の許
 容端子電圧は 4.2kV となっている。これは△方式の
 配線線でこれ以上に対地電圧が上昇することがないと
 の考え方に基づいている。しかしながら仮に電力用変
 圧器と同じように、柱上変圧器の商用周波耐圧が公称
 電圧 (E) に対して $(2 \times 1.15E + 1)$ kV すなわち 7.9
 ≒ kV (常規対地電圧の 4.2 倍) あれば使用上さし
 つづけないとすると、本試験結果から現用のものの約
 9% はこの値にも耐えることが明らかとなっている。
 この値は規格値 10kV より 20% 小さいが上記の
 4.2kV に対して裕度の点では充分と考えられるので、
 実的には現用柱上変圧器は各年代の製品とも充分な
 商用周波絶縁耐力を有しているとみてよいであろう。

(4) 現在一部に実施されている 3kV 柱上変圧器
 の配線にした 5.2kV 配電線においては、1線接地
 の健全相電圧上昇が(3)と同様に公称電圧の 1.4 倍
 以上にはならないものと仮定すれば、この値は 5.2
 kV $\times 1.4 = 7.3$ kV であるから、現用柱上変圧器の 95
 % の製品がもつ耐圧値 8kV はなお約 10% 程度の裕
 度をもつこととなる。さらに現行規格による製品では
 上記の数値は 98% 程度である。これは最近の製品を
 Y 式の系統に使用した場合、商用周波耐圧の点では
 あり問題がないことを立証するもので従来の実績と
 一致する。

5. その他の絶縁特性

(5.1) $\tan \delta$ $\tan \delta$ の値は小さいほうがよいが、
 変圧器の温度が上昇すればその値も増加し、一般に試
 験圧、周波数、高圧一低圧巻線間の静電容量、絶縁

抵抗および変
 圧器油の特性
 に関連する。
 普通、油
 温- $\tan \delta$ の関
 係は Gross 氏
 曲線 (8) によ
 って良否が判
 断されてい
 る。

25°C、45°C
 における $\tan \delta$
 を変圧器容量
 の各区分につ

いて累積回度曲線で示すと第 8 図となる。

(1) 第 8 図によると、容量が大きくなるにしたが
 って $\tan \delta$ は若干小さくなる傾向があるが、これは
 (5.2) 節にみられるように容量の大小による絶縁抵抗
 に差がほとんどなく、また、静電容量は変圧器容量が
 大きくなるにしたがい増加する傾向にあるから当然考
 えられることである。

Gross 氏曲線による範囲 [(1) (2) (3)] についてみる
 と油温が 25°C より 20°C 上昇すると $\tan \delta$ の値が
 (1) から (2) の範囲になるものが約 10%、(2) から
 (3) に移るものが 2~3% あるとみることができる。
 また一般に良好であると考えられている範囲 (1) にあ
 るものは 1~5kVA で 24%、7.5~10kVA で 28%、
 15kVA 以上で 45% 程度あるとみることができる。
 なお良好でない範囲 (3) に属するものは 20% 前後あ
 るとみられる。 $\tan \delta$ は変圧器油の特性によってもあ
 る程度影響するので、上記のように油温 $\tan \delta$ 特性が
 良好でないものは新しく変圧器油を入れ換えるのも改
 善の一方策であろう。

(2) 製作年度の各区分では、昭和 16~25 年の製
 品が他のものに比べて一様に悪い傾向にあるが、
 (5.2) 節の絶縁抵抗もこの年代のもので同じことがい
 えるので、上記の絶縁抵抗との関連性によるとみること
 ができ、一般に絶縁抵抗が良好でない場合は $\tan \delta$
 が大きくなる傾向にあると判断される。

(5.2) 絶縁抵抗 容量および製作年度の各区分で
 10~2,000 Ma 以上の広い範囲にだいたい正偏分布に
 なっており、平均値および標準偏差を求めると第 7 表
 となる。

第 7 表 柱上変圧器の絶縁抵抗の
 平均値と標準偏差

試 験 油	区 分	容量 (kVA)		製作年度					
		1~5	6~10	11~14	15~17	18~20	21~25	26~30	31~40
25°C	平均値 (MQ)	1,400	1,000	700	1,000	700	1,000	1,100	1,100
	標準偏差	0.64	0.60	0.60	0.62	0.57	0.56	0.56	0.56
45°C	平均値 (MQ)	325	280	320	310	160	305	370	
	標準偏差	0.61	0.59	0.58	0.54	0.58	0.53	0.56	

(1) 容量による差異はあまり認められない。

(2) 製作年度の各区分では、昭和 16~25 年の製
 品が他のものに比べて悪い値を示しており、45°C で
 は前者の平均値は後者のその約 1/2 である。すなわ
 ち、この年代の製品は現用油に比べて、変圧器油の
 特性が良好でないこと、および使用材料が良質でなか
 ったことが主原因とみられ、保守の面で特に注意すべ
 きである。

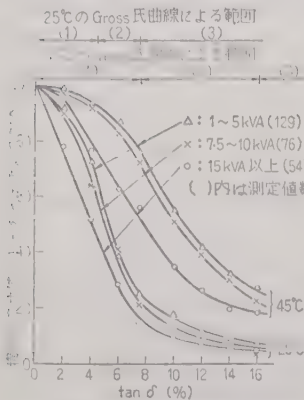
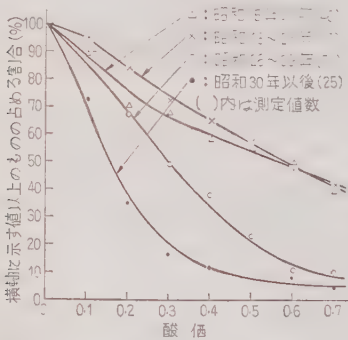


図 8 柱上変圧器容量と $\tan \delta$

(3) 絶縁抵抗の許容限界を何メガオームにするかは問題であるが、東京電力における柱上変圧器の選別基準を例にとると 3 kV 用は、一次一ケース間 20 M Ω 、一次一二次間 20 M Ω 、二次一ケース間 5 M Ω となっている。これによると一次一二次およびケース間はほとんどのものが現場における基準に適合しているとみることができる。

(5・3) 変圧器油の特性 柱上変圧器は工事または電圧格上げなどで取り換えるとき以外は、特別に劣化が認められるか、異常がない限り、線路より取りはずしてその絶縁特性を調べることはほとんどないのが実態のようである。この点からすると旧い変圧器ほど、使用している変圧器油の酸価が大きいことが予想される。第 9 図は変圧器製作年度と使用されている変圧器油の酸価との関係を示したものである。



第 9 図 製作年度と変圧器油の酸価

第 8 表 柱上変圧器製作年度と変圧器油の酸価の平均値

柱上変圧器の製作年度	昭和15年以前 昭和16~25年 昭和26~29年 昭和30年以後			
変圧器油の酸価	0.55	0.57	0.31	0.15

(1) 昭和 25 年以前、昭和 26～29 年、昭和 30 年以後の製品に使用されていた変圧器油の酸価の間には大きな開きがあり、これらの平均値は第 8 表に示すとおりで、旧製品ほど変圧器油の酸価が大きくなっている。また、この値が 0.5 以上のものが、昭和 25 年以前の製品で 54～56 %、昭和 26 年以後の製品で 8～22 % と大きな差があるので、旧製品ほど変圧器油の酸価が大きくなっているのが実態であるとみることができ、長年月の使用で空気による作用、水分の混入、絶縁材料の劣化などによるものが主原因と想像される。

(2) 変圧器油の破壊電圧も変圧器の絶縁特性を左右する一要素であるが、供試変圧器に使用されていた

ものをみると、標準試験器による測定値が 10 kV 以下のものが 3 % 程度あり、また新品の標準規格値 30 kV 以上と比較すると約 45 % がこの値以下である。これは長年月使用されたものでは不純物が混入しているものが多いと考えられ、この影響があるものと推察される。

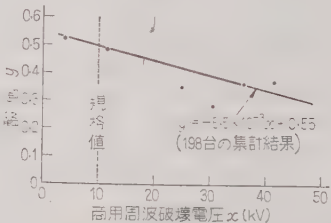
(3) 変圧器油の ρ は大部分 (約 97 %) が 0.1～100 $\Omega \text{ cm} \times 10^{12}$ の範囲にあるが、酸価との関係を見ると、 ρ が 10～100 $\Omega \text{ cm} \times 10^{12}$ の範囲になると酸価がだいたい 0.2 以下に急激に小さくなる傾向があり、 ρ がこれ以下であると酸価との関連はほとんど認められない。これは前者が水分、その他の不純物の混入により大きく左右されるのにくらべて、後者は単位体積あたりの苛性カリの量を示すものであって、本質的に異なったものであるところに原因がある。ただ、本試験結果から統計的にいえることは、変圧器油の ρ が非常に大きいとき、すなわち 10 $\Omega \text{ cm} \times 10^{12}$ 以上のときはその酸価も小さく、したがって特性が良好であることである。

6. 絶縁特性の相関関係

(6・1) 商用周波絶縁破壊電圧と変圧器油の酸価

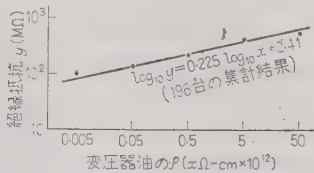
柱上変圧器で変圧器油の酸価が非常に大きくなれば、変圧器の商用周波絶縁耐力が低下することが考えられる。試験結果より商用周波破壊電圧を 9 kV 以下、11～15 kV、17～21 kV、23～27 kV、29～33 kV、35～39 kV、41 kV 以上の 7 区分に分け、これに対する変圧器油の酸価の平均値を求めて図示すると第 10 図となる。

この結果によると上記両者間にはある程度の関連があると判断され、酸価が大きいと商用周波破壊電圧が低下する傾向がわかる。またこれより商用周波絶縁耐力を規格値 (10 kV) 以上に保持するには、酸価はだいたい 0.5 以下であることが必要であり、この値は変圧器油に必要な酸価の目安を示すものと解される。



第 10 図 柱上変圧器の商用周波絶縁破壊電圧と変圧器油の酸価

(6.2) 絶縁抵抗と変圧器油の ρ 柱上変圧器において、絶縁抵抗と変圧器油の ρ との関係を示すために、試験結果より変圧器油の ρ を、0.001~0.01, 0.01~0.1, 0.1~1.0, 1~10, 10~100 $\Omega \cdot \text{cm} \times 10^{12}$ の5区分に分けて、これに対する 45°C の絶縁抵抗の平均値を求めて図示すると第 11 図となる。



第 11 図 柱上変圧器の絶縁抵抗 (45°C) と変圧器油の ρ

この結果によると両者間には比較的確な相関関係があるとみることができ、絶縁抵抗の対数値と変圧器油の ρ の対数値との間にはだいたい直線関係があると考えられる。

したがって絶縁抵抗を測定することにより変圧器油の ρ の概略値も推定でき、この値が非常に小さければ水分、その他の不純物が相当混入しているとみることができる。

5 章および 6 章の結果より、変圧器の絶縁特性は変圧器油の特性に相当左右されていることがわかる。すなわち絶縁抵抗が小さいと変圧器油の ρ が小さいとみることができ、また変圧器油の酸価が大きいと商用周波絶縁耐力が小さくなる傾向がある。ただし変圧器油の ρ と酸価では (5.3) 節 (3) におけるようにあまり関連性がない。

以上の結果より商用周波絶縁耐力を $\tan \delta$ または絶縁抵抗の大小だけで推定することは困難であるが、酸価によるだいたいの推定は可能である。いずれにせよ $10 \Omega \cdot \text{cm} \times 10^{12}$ 以上に保たれるよう監視するか、酸価が 0.5 以下になるよう監視するか、などの方法により変圧器油の特性を常に良好な状態に保つことが保守上もとても肝要なことがらである。

7. 総 括

以上の考察結果より、現用 3 kV 柱上変圧器の絶縁特性について次の結論が得られる。

(1) 現行規格による製品は衝撃耐圧として 3 号 A 重の 45 kV を基準に、Z 規格および旧規格による製品では 3 号 B 種の 30 kV を基準に考えてよい。すなわち前者は JEC-131 による 3 kV 線路用避雷器および JEC-142 による 3 kV 放出形避雷器で充分絶縁協調を確保できるが、後者は放出形避雷器では保護できな

い場合があり、JEC-131 による避雷器の使用が望ましい。

(2) 変圧器容量が大きくなるにしたがい衝撃絶縁耐力が若干大きくなり、かつ、ばらつきは小さくなる傾向にある。これは絶縁構造やリード線の出し方などの差異によるとみることができ、絶縁協調の点からは容量別により絶縁強度が異なることは好ましくない。特に小容量のものでは (3) に述べるような弱点を除くよう考慮が必要であろう。

(3) 衝撃電圧に対する弱点はブッシングおよびリード線の部分で、特に巻線からの引出線部分 (ケース内部) が弱く、巻線部分は他の部分にくらべて絶縁耐力が大きいため、耐雷設計はブッシングおよびリード線部分の衝撃耐圧を基準にして考えればよい。また今後の製品については弱点の除去に努める必要がある。

(4) 商用周波絶縁耐力はその分布が最近の製品ほど大きな値を示す割合が多く、現用のものでは約 90 %、さらに現行規格による製品では約 95 % が規格値以上である。また製作年度別の平均値は 20~30 kV である。したがって (4.3), (4.4) 節で述べたとおり Δ 方式の系統では充分な裕度で使用することができ、 Υ 方式 5.2 kV の系統に最近の製品を使用した場合にも商用周波絶縁耐力の点ではあまり問題はなく、従来の実績ともよく一致する。

(5) 商用周波破壊電圧 x (kV) と変圧器油の酸価 y とはある程度の関連性があり、本検討結果では

$$y = -5.5 \times 10^{-3} x + 0.55$$

で示される。これより前者が規格値以上であるためには酸価は 0.5 以下が必要であり、この値は保守上の目安として使用できると考えられる。

(6) 変圧器油の酸価は変圧器の製作年度が古いほど大きくなる傾向にあり、この値が 0.5 以上のものは、現行規格による製品で 8~22 %、それ以前の製品で 54~56 % あり、大きな差がある。

(7) 絶縁抵抗 y (M Ω) と変圧器油の ρ ($\Omega \cdot \text{cm} \times 10^{12}$) との間には比較的確な相関関係があり、本検討結果では

$$\log_{10} y = 0.225 \log_{10} x + 2.41$$

で示されるので、この関係を利用すれば保守上便利である。

(8) 変圧器油の ρ と酸価との関連はほとんど認められない。

(9) 一般に絶縁抵抗が良好でないと、 $\tan \delta$ が大きくなる傾向がある。

(10) 変圧器の絶縁特性 (衝撃絶縁特性は除く) は変圧器油の特性に左右されるところが大きく、後者を

良好な状態に保つことが保守の見地よりもっとも必要である。しかし絶縁抵抗または $\tan \delta$ の値だけで商用周波絶縁耐力を推定することは困難であり、(5)～(9)の諸結果を基にすることが肝要である。

(11) 柱上変圧器が配電線における主要機器であり、かつ需用家に直接つながっていること、供給信頼度および需用家に対するサービスの向上が強調されていることなどの観点より、今後次の点が考慮されるべきであろう。

(i) 従来は特別の事情がない限り、柱上変圧器の絶縁特性を調べることはあまり励行されなかったようであるが、今後は保守の面に特に力を注ぐことが必要であって、本稿の内容に示すとおり、変圧器油の特性、 $\tan \delta$ 、絶縁抵抗などを監視することによって絶縁特性のだいたいの目安をつけることができる。また衝撃破壊電圧に関しては衝撃電圧試験を実施することが望ましいが、全数について実施することは困難であるので、本稿で指摘したとおり、Z規格、旧規格による製品は電力会社の事情の許す限り早急に新製品に取り換えるべきであろう。

(ii) 耐雷設計上避雷器の接地は重要であるが、土質の ρ が大きい地域では規定値 (10Ω 以下) にすることが困難で多大の接地工事費を要するのが実情である。このように接地抵抗が大きいと、本稿で明らかにした衝撃破壊電圧から考えて避雷器放電時に絶縁協調が確保できない場合も懸念される。かかる場合、避雷器の接地と柱上変圧器の第2種接地を非連接にすると従来の一般的考え方を脱して連接接地とし、避雷器の接地抵抗と放電電流の実態⁽⁴⁾を基にして、避雷器放電時の絶縁協調と低圧配電線の保護(多重接地、アブ

ソーバなどの使用)を主体とした耐雷設計の方法が提案される。⁽⁹⁾これは特に襲雷ひん度の大きい地域では必要であろう。

8. む す び

本稿は 3kV 柱上変圧器の絶縁特性に関し、多数の試験結果を基として容量別、製作年度別の統計的検討によりこれらの差異を明確にし、かつ実用上の指針を与えている点で、配電線の絶縁協調および耐雷設計を検討する上に有用な資料と考えられる。

終りに、本稿の取りまとめにあたってご指導いただいた東大教授藤高周平博士、超研理事富山順二博士、当所広瀬胖博士に深甚なる謝意を表するとともに、耐雷設計基準委員会配電線分科会資料を参考にしたことを明記し、同委員会委員各位、試験実施ならびに記録提供にご協力いただいた9電力会社関係各位および試験結果の統計処理にご協力いただいた三菱電機株式会社に厚くお礼申し上げる。

(昭和 35 年 11 月 25 日受付)

文 献

- (1) 絶縁協調特別委員会：電学誌 **70**, 21 (昭 25)
- (2) JIS C 4302 (昭 29)
- (3) JIS C 2320 (昭 30)
- (4) 耐雷設計配電線分科会：電研研究報告 (電力 58019) (昭 34-2)
耐雷設計配電線分科会：電研研究報告 (電力 59032) (昭 35-1)
- (5) 山岸・上原・伊藤：電学誌 **72**, 489 (昭 27)
- (6) 大和：電研研究報告 (電力 57014) (昭 32-12)
- (7) L.V. Bewley: Travelling Waves on Transmission Systems (Book) (1951)
- (8) I.W. Gross: Elect. Engng **57**, 589 (1938)
- (9) 大和・松本：電研研究報告 (電力 60016) (昭 35-10)

UDC 621.316.86.029.5

抵 抗 器 の 高 周 波 特 性 の 改 良 に つ い て *

資料・論文

36-62

正 員 津 端 一 郎† 野 口 誠 一††

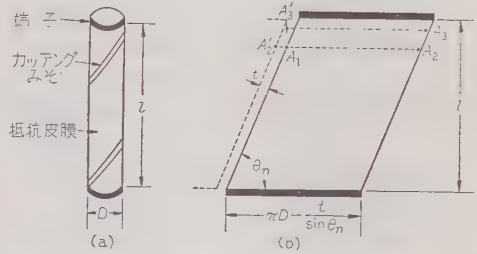
1. 緒 言

すぐれた高周波特性を示す抵抗器は高周波の測定装置、広帯域増幅器、フィルタ、プループ、擬似負荷、特にパルス回路などに所望されており、最近、電子応用回路部品としての抵抗器の精密化にともなう、その必要性はますます大きくなってきた。(1) 抵抗器の高周波特性には抵抗器の皮膜表面の漂遊容量がもっとも影響するので、さきに筆者は、ひさし付き円板電極法および絶縁被覆法により漂遊容量の影響を軽減して、高周波特性を改良する研究を行い、その成果を報告した。(2) 引き続き、被膜形抵抗器のカッティングのみぞが高周波特性に作用する機構、およびカーボンレジン抵抗器 (Film-type fixed composition-carbon resistor) の高周波特性に影響するカーボンの粒子径、分散性、配列などに対して考察を進め、一応の結果と高周波特性改良に対する対策法を得たので、その結果を報告し、参考に供したい。

2. 被膜形抵抗器のカッティングのみぞについて(3)

(2・1) 考 察 被膜形抵抗器においては、磁器がい管の表面に、らせ状のみぞを切条して電流の通路の長さを長くし、その幅を狭くして仕上りの抵抗値を調節する方法がとられている。このらせ状のカッティングのみぞが抵抗器の高周波特性に大きな影響をおよぼし、また同一の抵抗値ではカッティングのみぞの数が2~3 回程度でもっとも並列分布容量が大きく、高周波特性がもっとも劣化する現象について一条氏(4)の研究があり、その実験結果が報告されている。このカッティングのみぞの影響について、筆者は次のような解析を行った。

すなわち、円筒状の磁器がい管の表面に切条されているみぞの所で皮膜抵抗面を平面に展開すれば、第1図(a)は(b)のようになる。ここで D は抵抗器の直径、 l は抵抗器の長さ、 t はカッティングのみぞの幅で



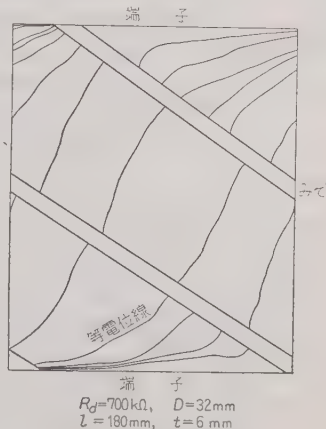
第 1 図 抵抗皮膜の展開図

ある。さらにカッティングの数を n とすれば、傾斜角 θ_n は (1) 式で表わされる。

$$\theta_n = \tan^{-1} \frac{l}{n\pi D} \dots\dots\dots (1)$$

したがって、このような平行四辺形の皮膜抵抗面が円筒状の磁器がい管に巻き付けられ、皮膜抵抗の左側の側面と右側の側面とがカッティングみぞを挟んで向いているのが実際の抵抗器である。また、このように皮膜抵抗面と端子とが傾斜している場合には、抵抗皮膜面上の電位分布は第2図のようになる。すなわち、等電位線は端子近傍では端子に平行になるが、皮膜の中央部ではカッティングみぞにはほぼ直角になってくる。したがって、問題を端子近傍と皮膜抵抗面の中央部とにわけて考えることにする。

さて、端子の近傍において第1図(b)のようにみぞ



第 2 図 抵抗器の電位分布

* Improvements of High Frequency Characteristics of the Resistor. By I. TSUBATA, Member & S. NOGUCHI, Non-member (Faculty of Engineering, Niigata University).

† 新潟大学工学部電気工学科助教授、電気通信担当

†† 新潟大学工学部電気工学専攻科学生

に等して端子に平行な任意の2点 A_1, A_2' (展開平面でなく A_2' をとれば、2点は等電位であるから、電圧降下はこれと直角方向の A_1, A_3' の方向に生ずる。したがって、この A_1 と A_3' の電圧降下は A_1 と A_3' の間の静電容量がわかればよいことになる。

ゆえに A_1, A_3' 間の静電容量を C_0 とすれば、ほぼ

$$C_0 \propto \frac{1}{D \sin \theta_m} \quad (4)$$

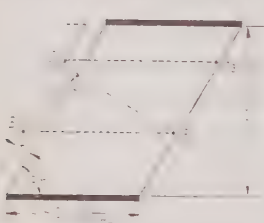
したがって、(4)式を(3)式に代入すれば、(2)式は次のようになる。

$$K \propto \frac{1}{D \sin \theta_m} \sin^2 \theta_m = D \sin \theta_m \quad (5)$$

したがって、高周波数が高くなるにつれて、皮膜抵抗と端子間の静電容量 C_0 により皮膜抵抗が分断される結果、高周波における実効抵抗値が低下するものと考えられ、抵抗器の高周波特性は直流抵抗値を一定に保つて、 $(A_1, A_3'$ 間の静電容量) \times (皮膜抵抗の至積至有抵抗) の値に反比例するものとしてよい。ゆえに(5)式の K の値の小さいほど、高周波特性は良くなる。

$$K = \frac{1}{D \sin \theta_m} \sin^2 \theta_m = D \sin \theta_m \quad (4)$$

ここで(5)式を(2)式に代入すれば、(2)式は次のようになる。



第3図 抵抗器の構造

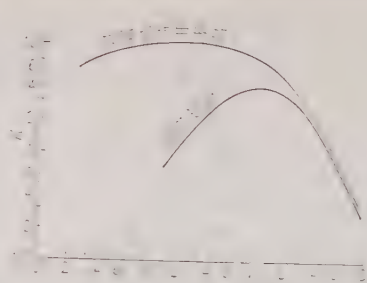
したがって、(5)式を(2)式に代入すれば、(2)式は次のようになる。

$$K = \frac{1}{D \sin \theta_m} \sin^2 \theta_m = D \sin \theta_m \quad (5)$$

ゆえに K の値は (6) 式で表わされる。

$$K = \frac{\pi D \cos \theta_m \sin \theta_m (\pi D \sin \theta_m - t)}{t \sqrt{(\pi D \cos \theta_m)^2 + t^2}} \quad (6)$$

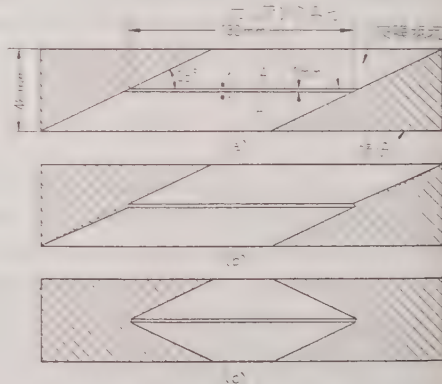
(4) 式および (6) 式の K は θ_m の関数であるから、カッティングの回数 n の関数でもある。たとえば、 $l =$



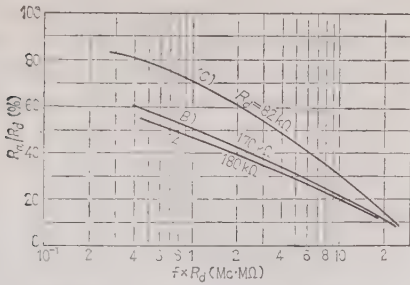
第4図 K と n との関係

4.5 cm, $D=0.8$ cm, $t=0.05$ cm の 2L 形抵抗器について (4), (6) 両式を数値計算すれば第4図のようになる。この図で明らかなように端子近傍ではカッティング回数が1回付近が K の値がもっとも大きくなり、高周波特性がもっとも低下する。皮膜抵抗面の中央部においては 0.2 回付近がもっとも K の値が大きい、端子近傍にくらべて変化がゆるやかである。結局、抵抗器の高周波特性には両者が組み合わさって影響しているものと思われる。

(2.2) みぞの影響を測知する実験 前記の考察に基づいてみぞの影響を確かめる模擬実験を行った。まず第5図のように、長さ 100 mm の絶縁基板を用意した。これはベークライトの絶縁基板の表面に皮膜抵抗を塗着させ、さらにその中央に幅 1 mm のみぞを作り、皮膜抵抗を A, A' の二つの部分に分離したものである。端子はみぞの軸と 25° の角度をもって傾斜しており、導電性塗料で描いたものである。このような抵抗器に高周波電流が流れた場合は、みぞに面した両皮膜抵抗間に静電的結合が生ずる。いいかえれば、みぞを挟んだ対称点 1, 1' は等電位ではなく、两点間に静電容量が存在する。よって皮膜抵抗 A, A' 間には



第5図 模擬抵抗器



第 6 図 模擬抵抗器の周波数特性

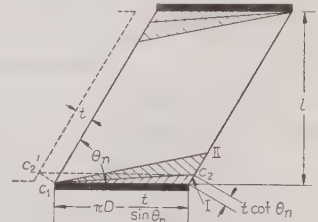
みぞを介して偏位電流が流れて抵抗を分路し、皮膜の実効抵抗は低下する。第 6 図 (A) 曲線はこのような皮膜抵抗の実効抵抗の周波数特性である。なお、縦軸には直流抵抗値に対する高周波実効抵抗の比を、横軸には直流抵抗値と周波数との積をとってある。

そこで第 5 図 (b) のように、端子の縁端部を修正して、みぞのごく近傍の両側面だけを等電位にすれば、A, A' 間の静電的結合は (a) の場合よりやや減少し、その周波数特性も第 6 図 (B) のようにわずかではあるがよくなる。しかしながら、みぞから離れた A, A' 面上の各点間でもみぞの近傍と同様に静電的結合をなしているから、第 5 図 (c) のように端子を修正すれば、A の皮膜抵抗と A' の皮膜抵抗とはみぞに対して全く幾何学的対称になり、その静電的結合はもっとも弱くなる。すなわち、A, A' 間に存在する静電容量は最小になる。この修正形の周波数特性は第 6 図 (C) で、(A), (B) に比較してはるかにすぐれている。この実験によりカッティングみぞを介した静電的結合の大小は、みぞの両側の皮膜抵抗の電位がみぞに対して対称

であるか否かによって決定されることが明らかになった。

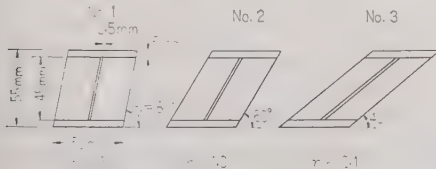
次にカッティングみぞの回数による静電容量の変化を調べるため、傾斜角 θ_n が異なった第 7 図のような平板状の抵抗器を作った。これらの抵抗器の皮膜抵抗はいずれも幅 0.5mm のカッティングみぞを挟んで二つに分離されており、その周波数特性から θ_n すなわちカッティングの回数による周波数特性への影響が推察される。第 8 図は第 7 図の θ_n がそれぞれ異なった場合の周波数特性で、 θ_n が小さくなるほどみぞの静電容量は増加し、周波数特性は悪くなる。

(2.3) カッティングみぞの影響を軽減する方法 みぞのごく近傍の静電結合は (2.2) 節の模擬実験により明らかになったように、みぞの両側の皮膜抵抗上の対称点が等電位であれば最小になる。したがって、カッティングを施した抵抗器の静電容量を最小にするには、第 9 図の展開図において C_1 点と C_2' 点 (展開面上の C_2 点) とが等電位であればよい。このことは端子近傍における流線の集中のため非常に困難なことであるが、近似的ではあるが第 9 図の傾線を施した部分だけ端子縁端を広

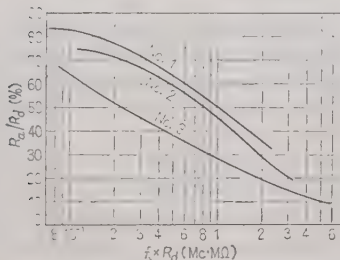


第 9 図 端子縁端修正方法

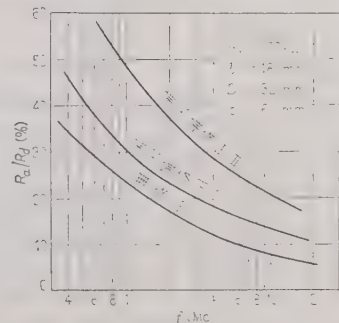
げて、みぞの両側面の電位の非対称を是正し、静電容量の減少をはかった。すなわち、I のような修正では端子近傍の静電容量を減少することができるが、皮膜の中央部には影響が少ない。第 10 図は供試抵抗器の周波数特性で、縁端修正の効果が明らかに認められる。端子縁端の修正面積を II のように拡大すれば、皮膜の中央部まで効果がおよび、第 10 図で明らかなよ



第 7 図 模擬抵抗器



第 8 図 模擬抵抗器の周波数特性



第 10 図 供試抵抗器の周波数特性



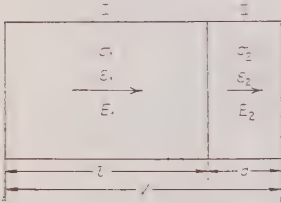
第 11 図 供試抵抗器の
端子縁端の修正の写真

は、その修正方法はさらに複雑になると思われる。

3. カーボンレジン抵抗器の 高周波特性について

体抵抗器 (Solid composition resistor) の一種にフィルム型 (Film-type fixed composition-carbon resistor) と称される形があり、おもにアメリカで多く製造されている。この形は適当ながい管の表面にレジンとカーボンの混合物をつけ、加熱してレジンを縮重合させて薄膜化し、さらにその表面に電極を施したものである。この電極は、加熱によって、またカーボンレジンによって、比較的よく導電性を有する物質とすることができる。カーボンレジンの導電率が高い。その導電率を高くするために、電極の表面に炭素を塗布して処理している。そして、電極はカーボン粒子の集まり、炭素粒子、炭素繊維などから構成されている。この電極の構造は、電極の表面に炭素を塗布して処理している。

2.1. カーボンレジン皮膜抵抗の周波数特性の解析
カーボンレジン皮膜抵抗の構造は、図 12 のように、二つの領域 I と II の二つの領域が接している一次元の模型で考察した。⁽⁵⁾ この関係をカーボンレジン皮膜抵抗の場合にあてはめる。すなわち、カーボンの



第 12 図 電気定数を異にする
二つの領域の模型図

粒子の寸法を l 、導電率を σ_1 、誘電率を ϵ_1 とし、(I の領域) 接触部分の寸法を d 、導電率を σ_2 、誘電率を ϵ_2 とする。(II の領域) さらに I と II との境界面に現われる電荷の密度を q とすれば、(7) 式が導かれる。

$$\begin{aligned} \epsilon_2 E_2 - \epsilon_1 E_1 &= 4\pi q \\ \sigma_2 E_2 - \sigma_1 E_1 &= -\frac{\partial q}{\partial x} \end{aligned} \quad (7)$$

また、(I+II) 領域の両端にかかる電圧を V 、電流を I 、断面積を A とすれば、(8) 式が導かれる。

$$\begin{aligned} V &= E_1 l + E_2 d \\ I &= \sigma_1 E_1 A \end{aligned} \quad (8)$$

ゆえに (I+II) 領域のアドミタンス Y は (9) 式のようにになる。

$$Y = \frac{\sigma_1 E_1 A}{E_1 l + E_2 d} \quad (9)$$

さらに (7) 式から q を消去して (10) 式を得る。

$$E_2 = E_1 \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \frac{1 + j \frac{\omega \epsilon_1}{4\pi \sigma_1}}{1 + j \frac{\omega \epsilon_2}{4\pi \sigma_2}} \quad (10)$$

この (10) 式を (9) 式に代入して Y の実数部分だけをとれば、(I+II) 領域のコンダクタンスが求まる。したがって、(I+II) 領域の導電率 σ_f は (11) 式のようにになる。

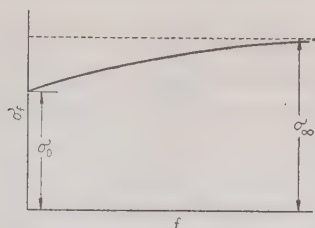
$$\begin{aligned} \sigma_f &= \sigma_1 \left[\left(\frac{\omega \epsilon_2}{4\pi \sigma_2} \right)^2 + \omega^2 \frac{d \sigma_1}{l \sigma_2} \frac{\epsilon_1}{4\pi \sigma_1} \frac{\epsilon_2}{4\pi \sigma_2} \right]^{-1/2} \\ &\quad \times \left(1 - \frac{d \sigma_1}{l \sigma_2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

この σ_f は周波数の関数であるから、その逆数の実部抵抗も周波数の関数となる。

ここで考察の便のため $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \epsilon$ とおけば、 σ_f は (12) 式のようにになる。

$$\sigma_f = \sigma_1 \frac{\left(\frac{\sigma_0}{4\pi \sigma_2} \right)^2 \left(1 + \frac{d}{l} \right) + \left(1 + \frac{d \sigma_1}{l \sigma_2} \right)}{\left(\frac{\sigma_0}{4\pi \sigma_2} \right)^2 \left(1 + \frac{d}{l} \right)^2 + \left(1 + \frac{d \sigma_1}{l \sigma_2} \right)^2} \quad (12)$$

(12) 式から σ_f と周波数 f との関係を図示すれば第 13 図のようにになる。 σ_0 は直流における導電率、 σ_∞ は周波数を無限大にしたときの導電率で、それぞ (13) 式で表わされる。

第 13 図 σ_f と f との関係

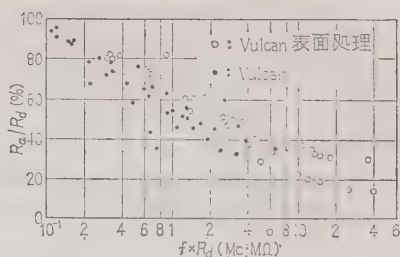
$$\left. \begin{aligned} \sigma_0 &= \frac{\sigma_1}{1 + \frac{d\sigma_1}{l\sigma_2}} \\ \sigma_\infty &= \frac{\sigma_1}{1 + \frac{d}{l}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (13)$$

したがって、第 13 図から σ_∞ と σ_0 との比が小さいほど σ_f の周波数特性が平坦になり、このような微小部分の集合である皮膜抵抗の周波数特性も良好になることがわかる。

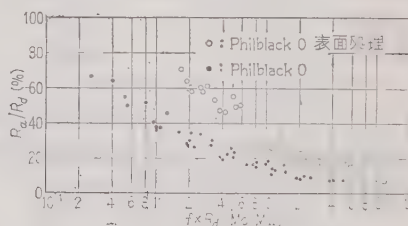
一般にカーボンレジン抵抗では、 $\sigma_1 \gg \sigma_2$ 、 $l \gg d$ であるから、 σ_1/σ_2 および d/l の値が小さいほど特性がよくなる。すなわち、カーボン粒子の直径にくらべて接触部分の等価的な厚さ d の小さいほど、またカーボン粒子の導電率と接触部分の導電率との違いが少ないほど、カーボンレジン皮膜抵抗の高周波特性はよくなる。なお接触部分の導電率は集中抵抗と境界面抵抗とによって変化するから、カーボンの直径、表面状態、レジンへの分散性、並び方などにより大きく影響されることになる。

(3・2) カーボンの粒子径および分散性の影響

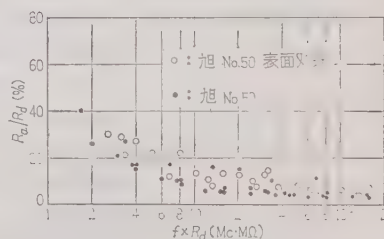
普通カーボン粒子はばらばらに分離することはまれで、ストラクチャが発達し、いくつかの粒子が集合して一つの塊となりやすい性質を持っている。したがって、カーボンレジン抵抗器の高周波特性を検討するには、粒子1個の直径よりもむしろ塊の大きさ、難易を考慮することが先決問題である。そこでカーボンの分散性を調べる実験を行った。レジンとしてはフェノールレジン (5010 Plyophen) を、カーボンは粒子径のそれぞれ異なったファーネス形の Vulcan SC, Philblack O, 旭 No.50 およびそれらの粒子表面を処理したものを用意した。表面処理とはカーボンの粒子表面に OH 基を結合させ、フェノールレジンによく分散するような性質を持たせることである。⁽⁶⁾ そしてカーボンレジン、エチルアルコールを一定の混合比で混合し、この中に 1/2 L 形の磁器棒を浸漬して皮膜をつけ、さらに予備乾燥ののち乾燥炉に入れ、120°C で約 4 h 加熱してレジンを経縮重合させ、供試用抵抗器を製作した。



第 14 図 カーボンレジン被膜抵抗器の周波数特性



第 15 図 カーボンレジン被膜抵抗器の周波数特性



第 16 図 カーボンレジン被膜抵抗器の周波数特性

第 14 図～第 16 図はカーボンとして Vulcan SC, Philblack O, 旭 No.50 を用いた場合に、カーボンの表面を処理して分散性をよくしたときと処理をしないときの周波数特性の差異を表わしている。表面処理をしないカーボンでは、粒子がいくつか集って大きな塊をなしているために、等価的には (12) 式の中の d が l にくらべて大きくなり、周波数特性が劣化するものと思われる。また第 1 表に示してあるように、試料に用いたカーボンの直径は Vulcan SC が最小で、Philblack O, 旭 No.50 の順になっており、周波数特性も直径が小さいほどよい結果を示している。その理由は (12) 式の l が小さくなると、それ以上に d が小さくなり、結局 l の小さいほど d/l の値が減少するものと考えられる。Philblack O の特性が表面処理したときと、しないときで明らかに差異のあるのは、粒子径がもっと

第 1 表 カーボン粒子の直径

カーボンの種類	Vulcan SC*	Philblack O*	旭 No.50**	旭 No.60**
項目				
E M 法による直径 (Å)	176	294	823	630
BET 法による直径 (m ² /g)	194.4	79.6	31.1	45.8

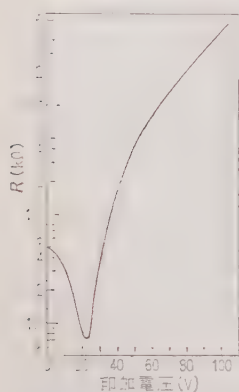
(注) *: M. L. Studebaker: Rubber Chem. & Tech., 30, 1400 (1947), **: 旭カーボン株式会社カタログ

も均一になっているからである。

(3・3) 粒子の配列による影響 カーボンレジン皮膜抵抗では、粒子と粒子との接触部分が無数に存在し、それらが互に直列に、または並列に連結して、多数の直並列回路が形成されている。したがって、これらの粒子間の漂遊容量が皮膜の高周波特性に大きく影響してくる。このような場合に粒子が電界方向に整然と並び、分岐回路が少なくなれば、粒子間の漂遊容量が減少して、皮膜抵抗の周波数特性がよくなるものと考えられる。

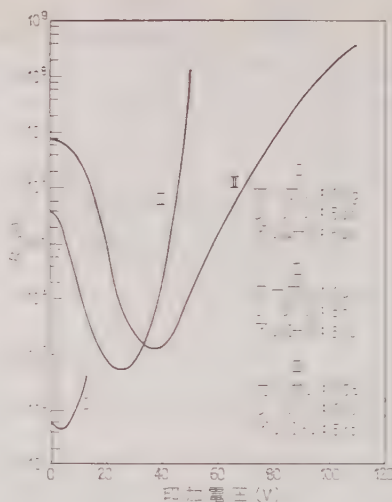
粒子の配列を電界の方向にそろえる方法として、筆者はポラリスタの原理⁽⁷⁾を応用した。なお、ポラリスタとは非直線性の強い抵抗器のことである。すなわち、カーボンとレジンとを混合したコロイド状の液体に

適当な電界を加えると、カーボンは電界方向に整理して連鎖状になり、その電圧電流特性は大きな非直線を示す。このとき電界を加えたまま加熱して、レジンと縮重合させると、カーボン粒子が電界方向に配列したままで皮膜は固化し、固体の非直線抵抗器ができあがる。

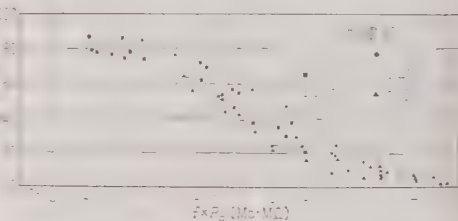


第 17 図 印加電圧と抵抗値との関係

うにして作ったカーボン(旭 No.60)とフェノールレジン(5010 Pylophen)の 1/2 L 形抵抗器の直流抵抗値と印加電圧との関係を示したもので、きれいな V 字特性を呈している。すなわち、印加電圧が 23 V のときに直流抵抗値が最低になる。これは粒子が電界方向にもっともよく配列したからではないかと思う。印加電圧がそれ以上になると、むしろ直流抵抗値が増加してくる。この範囲がいわゆるポラリスタの領域であって、印加電圧の高くなるほど非直線性は増してくる。⁽⁸⁾そ



第 18 図 テープ抵抗器の抵抗と印加電圧の関係



第 19 図 印加電圧による高周波特性の変化

の理由は皮膜抵抗の周波数特性および非直線性から推察して、連鎖状に連結しているカーボン粒子の鎖が切れかかるのではないかと考えられるが、詳細な機構は不明である。V 字特性の最低値を与える印加電圧は、カーボンとレジンとの混合比によっても異なり、高抵抗のときは高圧のほうに移る。⁽⁹⁾第 18 図はガラス繊維のシート(厚さ 1 mm)の表面に皮膜抵抗をつけたテープ抵抗器の場合の V 字特性で、最低値が移るのが明らかに認められる。

第 19 図は第 17 図に示してある各抵抗器の周波数特性であって、V 字特性のはは最低値を与える 20 V の電圧を印加して作った抵抗器がもっともよい周波数特性を示している。そして、それ以上の高い電圧を印加して作った抵抗器の周波数特性はかえって悪くなる。以上の一連の実験結果はカーボン粒子が電界によって連鎖状になり、電界方向にもっともよく配列したとき、抵抗値および漂遊容量が最小になり、その周波数特性が最良になることを明白に表わしている。

4. 結 言

以上、皮膜抵抗の高周波特性を支配する因子として、漂遊容量の存在がもっとも大きく影響しているという考え方に基づいて、カッティングみぞ、カーボン粒子の分散性、粒子径、配列のぐあいなどについて解析し、また実験結果によって確かめた。そして高周波抵抗器の立場から次のような結論を得た。

すなわち、カッティングみぞの漂遊容量を減少させるには、

(1) カッティングみぞの切条は凹凸なく、きれいに仕上げること。

(2) 皮膜抵抗は均一であること。

(3) カッティングの回数に注意すること。

さらに、カーボンレジン抵抗器では

(1) カーボンは粒子径の小さい均一のものがよい。

(2) レジンによく分散するようにカーボン粒子の

表面を処理すること。

(3) 電圧印加法により粒子を電界方向に整列する方法は簡便であり、高周波特性への効果が著しい。

終りに、ご指導賜わる東京工業大学粟屋潔教授、ご援助、ご教示下された本学応用化学科大北熊一教授、電気工学科古幡情司教授、有益な助言をいただいた科研島宗正次氏に対し厚く感謝の意を表わす。また実験に熱心に協力された小島幸雄、勝又陸夫、友利征二郎、笹岡茂、古川晃、武田享久の諸君、ならびに実験結果の整理に尽力された山代健君の労を謝する。

(昭和 35 年 12 月 1 日受付)

文 献

- (1) Charles L. Wellard: Resistance and Resister (1960)
- (2) 津端: 電学誌 **81**, 1 (昭 36)
- (3) 津端・野口: 昭 35 通信学会全国大会 120
- (4) 一条: 電工論 **4**, 31 (昭 27)
- (5) O. R. Broudy & H. Levinstein: Phys. Rev. **94**, 285 (1954)
- (6) 大北・大谷・井上: 日本ゴム協会誌 **30**, 169 (昭 31)
- (7) Hans E. Hollmann: Proc. Inst. Radio Engrs **40**, 538 (1952)
- (8) 津端・山崎・石山: 昭 35 連大 1521
- (9) 津端・友利: 昭 35 通信学会全国大会 122

正 誤

野中作太郎: 単相同期機の過渡現象の解析 (付討論) [第 80 巻, 第 12 冊, 第 867 号, 1750 ページ掲載]

ページ	行	誤	正
1751	(2) 式中	$kd \left[\frac{kd}{M_{kd}} \right]$	$kd \left[\frac{kd}{L_{ka}} \right]$
1751	(4) 式中	$fd \left[-v_{fa} \right]$	$fd \left[v_{fa} \right]$
1753	(23) 式中	$f'f \left[\frac{kd}{\frac{-x_{fka}}{x_{fa}x_{kd} - x_{fka}^2} x_{Df''} + x_2} \right]$	$f'f \left[\frac{kd}{\frac{-x_{fka}}{x_{fa}x_{kd} - x_{fka}^2} x_{Df''} + x_2} \right]$
1755	(40) 式中第 1 項	$i_{kq} = E_2 A_{kq} \frac{1}{x_{Df''} + x_2} \varepsilon^{-\lambda_1 t}$	$i_{kq} = E_2 A_{kq} \frac{1}{x_{Df''} + x_2} \varepsilon^{-\lambda_1 t}$
1759	(付 1) 式中	$x_q = \frac{3}{2} \left(x_q + \frac{x_0}{2} \right)$	$x_q = \frac{2}{3} \left(x_q + \frac{x_0}{2} \right)$

UDC 621.313.12.045.048.1: 621.3.015.5

発電機コイルの第2電流急増点と交流 破壊電圧の関係*

資料・論文

36-63

正員 寺 瀬 齊†

1. ま え が き

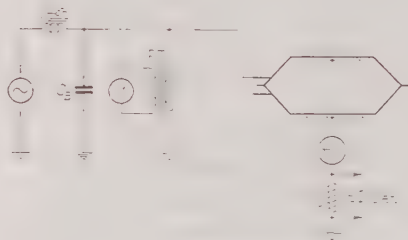
絶縁劣化判定の尺度となる主要因子は破壊電圧である。絶縁劣化判定に関する終局の目的は、非破壊試験法をもって破壊電圧を予知することにあるといえよう。従前は交流電流試験法（高圧交流法）^{(1)~(3)}を開発して以来、本試験結果と破壊電圧の関係について、長年にわたり実際の機器絶縁物について研究してきた。中でも、交流電流試験法における電流-電圧特性曲線に出現する第2電流急増点 P_{12} ⁽⁴⁾と交流破壊電圧の関係に注目し、3 kV から 13.2 kV にわたる 21 種類、計 176 本の発電機コイルについて試験を行い、この結果を整理したところ、 P_{12} の出現する電圧は交流短時間破壊電圧の約 50 % 以下であり、両者は比例関係にあることがわかり、⁽⁵⁾この関係を利用して P_{12} から交流破壊電圧を推定することが可能であることを発見した。ここに発電機コイルの P_{12} と交流破壊電圧の関係について述べる。

2. 試 験 方 法

第1図は発電機コイルの交流電流試験回路⁽³⁾⁽⁶⁾を示す。供試コイルのスロット部に主電極を取り付ける。主電極はアルミはくあるいはすずはくを用い、スロット部にコロナ防止塗料が塗布していないコイルの場合は、ワセリンあるいは良質のグリスで金属はく電極をはりつける。またスロット部に低抵抗コロナ防止塗料を塗布してある場合は、金属はく電極を直接取り付ける。ガード電極の有無は第13図の試験結果でわかるように P_{12} の出現の位置にあまり関与していないから、これを取り付けずに試験を行った。

破壊電圧がコイルの定格電圧に対してかなり高く、破壊する以前に表面フラッシュオーバーのおそれのある場合は、油中において試験を行った。

なお撤去コイルはほとんど現用発電機から撤去後1ヶ月程度放置したものであるが、特に吸湿していると



第1図 交流電流試験回路

思われないので、予備乾燥は実施せずに試験を行った。

試験はすべて常温において行い、電流波形を監視しながら、第1表に示す電圧上昇ステップで電流-電圧特性を求める。電流波形の観測には、絶縁診断装置 (EI デテクタ) を用いた。

第1表 試験電圧の上昇ステップ

絶 縁 階 級	電圧上昇ステップ
3 kV 級	1 kV
6 kV 級	1 または 1.5 kV
11 kV	2 または 2.5 kV

試験電圧波形が変わいしていると、電流の大きさはもちろん P_{12} の出現する位置がその影響をうけるので、なるべく正弦波に近いものとする必要がある。第1図に示すチョークコイルおよび結合コンデンサを用いた簡単な低域ろ波回路を付加すると効果的である。

供試コイルは第2表に示す。11 種類 (11 台の発電機)、78 本の新品、予備品および撤去品、第3表に示す6種類 74 本の予備品および撤去品、ならびに第4表に示す最近開発された不飽和ポリエステル樹脂含浸マイカ絶縁方式、および最近のB種アスファルトコンパウンド圧入方式コイル6種類 24 本である。

第2表に示す供試コイルは、破壊まで第1表に示す電圧上昇ステップで電流-電圧特性試験を行って、このときの破壊電圧 V_{BD}' と P_{12} の関係を調べた。また第3表および第4表は、 P_{12} が求められるまでは前記と同じであるが、その後は電圧上昇速度約 1 kV/s の交流短時間破壊試験を行い、 P_{12} と交流短時間破壊

* AC Breakdown Voltage vs. 2nd Current Rapid Increase Point for Generator Coil. By H. TERASE, Member (Hydraulic Power Section, Engineering Division, Chubu Electric Power Co. Ltd.).

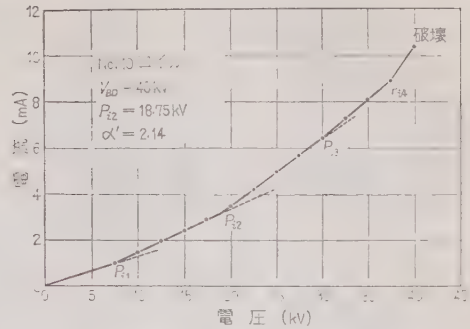
† 中部電力株式会社工務部水力課

電圧 V_{BD} の関係を調べた。

3. P_{i2} と交流破壊電圧の関係の 統計処理結果

(3-1) 発電機 コイルの電流-電圧特性 ($I-V$ 特性) と P_{i2} 第2表に示す供試コイルを用いて、破壊にいたるまでの電流-電圧特性試験を行った。この代表例として第2図の $I-V$ 特性曲線を示す。これは同表のグループ No. 11 (S 発電所 No. 2 発電機撤去コイル)⁽⁷⁾ の No. 10 コイルで、電流は電圧に対し直線の関係ではなく、同図に示すように、接線で描く特長のある曲線であって、第1電流急増点 P_{i1} 、第2電流急増点 P_{i2} 、第3電流急増点 P_{i3} および第4電流急増点 P_{i4} が出現している。同コイルのように P_{i4} が比較的に明らかに出現してから破壊したものは、グループ No. 11 の 13 本のコイル中5本で、その他のコイルは明らかに P_{i4} が現れないで破壊している。第2表に示す供試コイルの $I-V$ 特性では、ほとんどのコイルが、 P_{i1} 、 P_{i2} および P_{i3} を示し、中でも P_{i2} は破壊電圧の約 50 % 以下に出現していて、 P_{i1} および P_{i3} より比較的に明らかに出現している。

第3電流急増点 P_{i3} 以下の $I-V$ 特性の形相は、第図のように、 $P_{i1}-P_{i2}$ 間の電流はその2点間の直線に表わされる場合が多いが、第13図に示す $I-V$ 特性のように $P_{i1}-P_{i2}$ の中間において電流が若干増加している場合、また P_{i2} の出現が比較的に明瞭でない場合もあるので、 P_{i2} の求め方の条件を設定する必要がある。筆者は各種コイルを試験した体験から、次の4条件を満足する点を P_{i2} とした。



第2図 撤去コイルの破壊にいたる間の
電流-電圧特性曲線 (第2表の
グループ No. 11 のコイル)

(i) P_{i1} の位置はだいたい P_{i1} の 1.5~2 倍またはそれ以上。

(ii) P_{i2} における電流増加傾向の増加倍数 m は

$$m = (\Delta I / \Delta V)_{P_{i2}} / \tan \theta_0$$

[$\tan \theta_0$: P_{i1} 以下の電圧における電流増加傾向 $(\Delta I / \Delta V)_{V < P_{i1}}$ の値]

$m = 1.5 \sim 2$ (比較的空けき含有量の多いものは、 $m = 1.7$ 以上、また最近の新品コイルのように空けきのきわめて微量のものは $m = 1.5$ 程度)

(iii) $P_{i2}-P_{i3}$ 間の電流は直線で結ぶことができる。

(iv) P_{i2} は破壊電圧の約 50 % 以下において、もとも電流増加傾向の値が大きいく。

P_{i1} および P_{i2} の求め方の詳細についてはすでに述べてある^{(5)~(7)} ので省略する。

(3-2) P_{i2} と交流破壊電圧の関係 第2表の発電

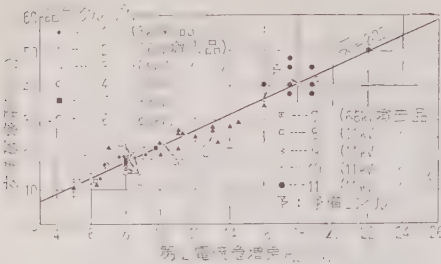
第2表 破壊にいたるまでの $I-V$ 特性試験時の破壊電圧と P_{i2} の関係
(各種コイルの α' の平均値)⁽⁹⁾

グループ No.	発電機の 容量 (kVA)	絶縁種別	絶縁方式	メーカー	使用年数	供試本数	P_{i2} と破壊電圧 V_{BD} の関係		
							α' の平均	標準偏差	変動係数
1	1,000	3 kV, B 種	マイカ紙平巻, [ア] 圧入	D	0	7	2.24	0.250	11.2
2	6,000	6.6 kV, B 種	マイカ紙テーピング, [ア] 圧入	—	約 10	13	2.38	0.212	8.9
3	2,700	6.6 kV, A 種	マイカ紙テーピング, ワニス漬け	C	" 20	18	2.18	0.322	14.8
4	1,000	3.3 kV, A 種	平巻	B	" 24	3 (1)	2.19	0.065	2.9
5	2,550	3.3 kV, B 種	"	F	" 12	3	2.30	0.046	2.0
6	4,000	6.6 kV, B 種	マイカ紙テーピング, [ア] 圧入	A	" 24	8 (2)	2.36	0.148	6.3
7	—	"	"	"	"	2	2.00	—	—
8	1,500	11 kV, B 種	マイカ紙テーピング, [ア] 圧入	"	約 35	"	"	—	—
9	11,000	"	平巻	B	" 20	"	2.16	—	—
10*	14,200	"	"	"	"	7	2.12	0.178	8.2
11	1,500	"	"	W	" 36	13	2.38*	0.21	9.2
						78	2.25	0.24	10.7

(1) 絶縁方式欄中 [ア] 印はアスファルトコンパウンドの略記号

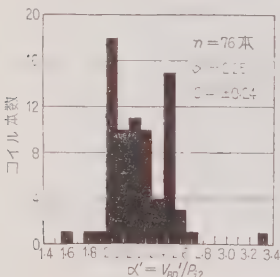
2. 供試本数欄中の括弧内の数字はコイル数を示す。

3. * 印は 11 本のコイルの α' の平均値を示す。⁽⁷⁾ (13 本中 2 本のコイルの P_{i2} は 26 kV 以上にして試験用変圧器の最大試験電圧 50 kV であるため 50 kV で破壊しないので除外した) したがって α' の総合平均値 2.25 の試料数は 78-2=76 本である。



第3図 破壊にいたる間の電流・電圧特性試験における第2電流急増点と交流破壊電圧の関係

機コイルについて第1表による電圧上昇ステップで破壊したときの絶縁破壊電圧 V_{BD}' と、このときの $I-V$ 特性から P_{12} を求めた結果を第3図に示す。この図からわかるように P_{12} と交流破壊電圧 V_{BD}' は比例関係にあるので、両者の比 $\alpha' = V_{BD}'/P_{12}$ を各コイルにつ



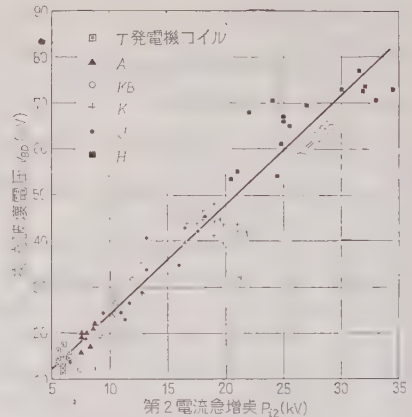
第4図 11種類76本の α' の分布

いて求めると第4図に示すヒストリグラムとなり、これより α' の平均値 $\bar{\alpha}' = 2.25$ 、標準偏差は ± 0.24 、変動係数は 10.7% で偏差が小さい。また第2表の各グループの α' の平均値、標準偏

差および変動係数を同表に併記した。

第3表の6種類74本の発電機コイルの P_{12} と交流短時間破壊電圧 V_{BD} の関係、 $\alpha = V_{BD}/P_{12}$ のヒストリグラムをそれぞれ第5図および第6図に示す。 α の平均値 $\bar{\alpha} = 2.38$ 、標準偏差 ± 0.29 (変動係数 12.2%) で偏差が比較的小さい。

次に最近のB種アスファルトコンパウンド圧入方式

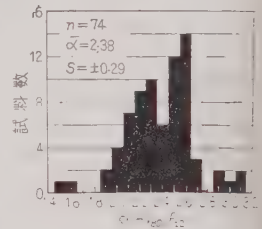


第5図 従来絶縁方式発電機コイルの P_{12} と交流短時間破壊電圧の関係

コイル9本および不飽和ポリエステル樹脂含浸マイカ絶縁方式コイル15本

計24本について試験した結果、 P_{12} の出現したコイルは16本、交流短時間破壊電圧まで P_{12} の出現しないものが4本、他の4本は試験装置の関係から破壊にいたらず、かつ P_{12} が出現しなかった。この試験結果を第4表に示す。

1/2 V_{BD} 以上の電圧を印加しても P_{12} が出現しないコイルの $I-V$ 特性の一例を第7図に示す。このように、 P_{12} が出現しないコイルの $\tan \delta$ -電圧特性試験における $\Delta \tan \delta$ (定格電圧における $\tan \delta$ 値から非コロナ発生時の $\tan \delta$ を差引いた値) の値が第4表に示すように比較的小さい。第4表で P_{12} の出現したコイルの α のヒストリグラムを第8図に示す。 α の平均



第6図 従来の絶縁方式6種類74本のコイルの α の分布

第3表 従来方式のコイルの P_{12} と交流短時間破壊電圧の関係 (各種コイルの α の平均値)

発電所	発電機の容量 (kVA)	絶縁種別	絶縁方式	巻回数	使用年数	供試本数	P_{12} と交流短時間破壊電圧 V_{BD} の関係		
							α の平均値	標準偏差	変動係数 (%)
T	1,250	3.3 kV, A種	マイカ紙テーピング, ワニス漬け	6	約 36	10	2.44	0.310	12.7
AB	1,000	3 kV, A種	"	"	" 13	7 (2)	2.38	0.227	9.5
KB	3,350	6.6 kV, 準B種	"	"	" 33	12 (4)	"	0.336	14.1
K	11,000	11 kV, B種	平巻	4	" 23	16	2.21	0.307	13.9
U	14,200	"	"	2	"	13	2.38	0.271	11.4
H	31,000	"	マイカ紙テーピング, [ア] 圧入	4	" 9	16	2.51	0.269	10.7
74							2.38	0.292	12.3

(注) 供試欄内の括弧の数字は未使用予備コイルの本数

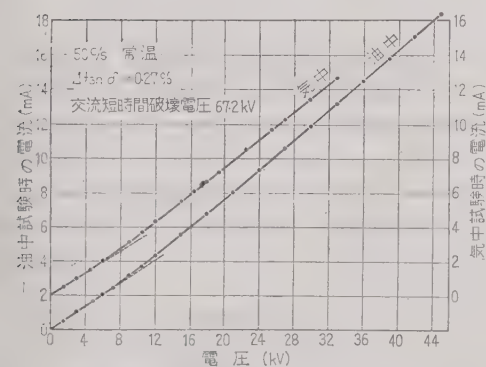
第 4 表 最近の発電機コイルの P_{12} と α

供 試 コ イ ル	コイルの状態	試 料 No.	$\Delta \tan \delta$ (%)	P_{12} (kV)	交流短時間 破壊電圧 V_{BD} (kV)	$\alpha = V_{BD}/P_{12}$
3,350 kVA 用, 6.6 kV B 種 アスファルトコンパウンド圧入 (3 ターン亀甲形)	新 品	1	0.50	不出現 (36)	69	—
	"	2	"	"	70.5	—
	"	3	1.10	28	68	2.40
	125°C 加熱劣化	1'	1.80	26	69	2.76
	"	2'	1.36	22	51.5	2.34
	"	3'	2.02	25	61	2.44
31,000 kVA 用, 11 kV B 種 アスファルトコンパウンド圧入 (4 ターン亀甲形)	新 品	8	0.54	31.5	70.8	2.24
	"	9	1.87	34.5<	78<	—
	"	10	0.29	"	"	—
3,350 kVA 用, 6.6 kV 不飽和ポリエステル	新 品	1	0.26	不出現 (35)	69	—
	"	7	0.27	" (45)	67.2	—
15,000 kVA 用, 11 kV 不飽和ポリエステル (3 ターン亀甲形)	新 品	6	0.30	36<	95<	—
	2 m 水深, 48 h 漬水	3	—	"	91<	—
	150°C, 9 日加熱	1 (上口)	1.60*	30	80	2.66
	"	5 (下口)	3.20*	35	82	2.34
	曲げ試験後	2 (上口)	0.45	32.5	77	2.36
	"	2 (下口)		35	75	2.14
50,000 kVA 用, 13.2 kV 不飽和ポリエステル (1 ターン, 半コイル)	"	4 (下口)	0.36*	"	79	2.26
	新 品	A	0.36	43.4	88	2.02
	"	B	0.38	35.0	89	2.54 *
	145°C, 10 日加熱	F	0.62	46.0	95.3	2.07
	"	G	0.99	42.0	88	2.10
10,000 kVA 用, 6.6 kV 不飽和ポリエステル (亀甲形)	"	H	0.71	38.0	96	2.52
	新 品		1.00	25	57.5	2.30
6 種 類		24 本				$\bar{\alpha} = 2.34$ $s = 0.204$

注: 1. $\Delta \tan \delta$ (定格電圧における $\tan \delta$) - (非コロナ発生時の $\tan \delta$)

2. $\Delta \tan \delta$ 欄における *印は亀甲形コイルの上口, 下口を一括した値を示す。交流電流試験法を実施しない片側コイルはインパルス破壊を行った。

3. P_{12} 欄における括弧内数字は最大試験電圧を示す。



第 7 図 比較的絶縁層に空けきがないと思われる 6.6 kV 不飽和ポリエステル含浸コイルの I - V 特性

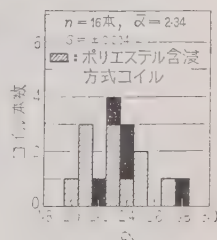
値 $\bar{\alpha} = 2.34$, 標準偏差は ± 0.204 (変動係数 8.7%) である。

第 2 表の α' の平均値 $\bar{\alpha}' = 2.25$ は, 第 3 表の $\bar{\alpha} =$

昭和 36 年 5 月 (J.I.E.E.J.)

2.38, また第 4 表の $\bar{\alpha} = 2.34$ より若干小さい値である。これは前者の破壊試験の加压時間が, 後者にくらべて若干長いため, 前者のコイルの破壊電圧が若干低くなったことによるもので, 印加方法を同一にすると, $\alpha' = \alpha$ とみなされる。

破壊電圧は, コイルの形状, 絶縁方式, 工作方法および使用条件など諸因子により種々変わるが, α の値は, コイルの定格電圧, 寸法, 形状, 巻回数, マイカの使用量, (A 種, B 種の区別) マイカ紙の巻き方, 接着剤および含浸剤の種類, コロナ防止塗料の有無, メーカーおよび使用年数に関与していないもので, α と P_{12} から発電機コイルの絶縁強度を推定することが可能である。



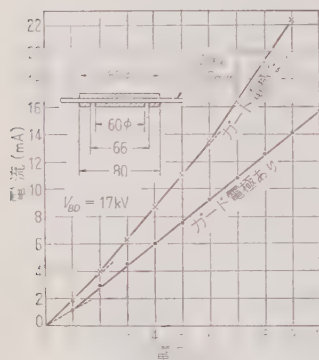
第 8 図 最近の発電機コイルの α の分布

4. 試験結果の考察

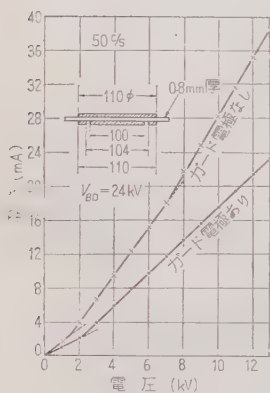
前章において発電機コイルの P_{i2} と α について述べたが、以下これらについて考察を加えてみたい。

(4.1) 絶縁材料による P_{i2} に関する実験 P_{i2} の出現および破壊電圧に比例して移動する原因を考察するため、絶縁材料について下記の実験を行った。この結果、絶縁物における P_{i2} の出現は絶縁層に介在する空げきによるもので、絶縁材料自体ではないと考えられる。

実験方法として、電極の端効果およびそれによる極性効果が極力少ないことが必要であるので、第9図および第11図に示すガード電極付平板電極を使用し、



第9図 はがしマイカの
電流-電圧特性

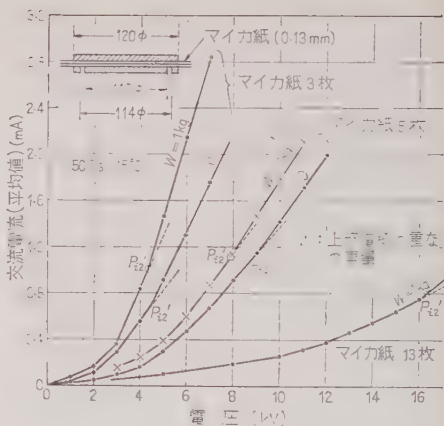


第10図 フェノールレジ
ン板の電流-電圧特性

次に発電機コイル用の厚さ 0.13mm の良質の面紙マイカ紙を、3枚、5枚および 13 枚積層したときの試験結果を第11図に示す。この $I-V$ 特性曲線にお

商用周波交流電圧における電流-電圧特性および交流短時間破壊試験を行った。試験温度はすべて常温であった。まず最初に生マイカおよびフェノールレジン板について試験を行った結果をそれぞれ第9図および第10図に示す。ガード電極を使用した場合、 $1/2 V_{BD}$ 以下においていずれも P_{i2} が出現していない。このほかポリエチレン板についても同様の試験を行ったが同様の結果が得られた。このように空げきのない絶縁材料においては $1/2 V_{BD}$ 以下に

おいて P_{i2} は出現しない。



第11図 マイカ紙積層による第2電流
急増点の出現

いて、いずれも P_{i1} 以上における電流増加率は電圧上昇にしたがい上昇しており、一見 P_{i2} が不明りょうのようである。これはマイカ紙自体の空げき、マイカ紙間の空げきが一樣でなく、しかも空げき含有量が多く、それぞれのコロナ放電開始電圧と電流増加率とを有しているためと考えられる。本試験における第2電流急増点は前述の定義設定の条件にあるように、 P_{i2} 以上の電流が直線的で、しかも $1/2 V_{BD}$ 以下における電流増加傾向のもっとも大きい屈曲点を第2電流急増点と考え、この点を P_{i2}' とする。この P_{i2}' はマイカ紙の重ね枚数を多くするにしたがい上昇移動する。第5表にこのときの交流短時間破壊電圧 V_{BD} および $\alpha'' = V_{BD}/P_{i2}'$ の値を示す。 α'' の値は発電機コイルの α の値ときわめてよく類似している。本試験において、マイカ紙積層間に介在する空げきの状態を変えるため高圧側電極全面に重量を加え、荷重 1kg および零の両者について試験を行ったところ、マイカ紙自体にもばらつきがあり、判然とした結果は得られなかった。本試験において電流急増点 P_{i1} および P_{i2}' が出現したことは、マイカ紙自体およびマイカ紙積層間に

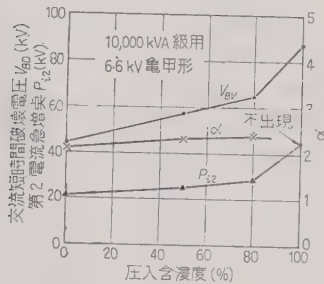
第5表 マイカ紙を積層したときの第2
電流急増点と交流破壊電圧
(110φ 平板電極使用)

マイカ紙の 重ね枚数	荷重 W (kg)	P_{i2}' (kV)	V_{BD} (kV)	$\alpha'' = V_{BD}/P_{i2}'$
3	0	4.5	11	2.44
	1	4.4	10.8	2.46
5	0	9.0	21	2.34
	1	7.9	18	2.28
13	1	16	33<	2.1<

介在する空げきに原因していると考えられる。マイカ紙自体および積層間に介在する空げきをなくすため、アスファルトコンパウンドを圧入含浸させた試料について実験した結果、第9図と同様に $1/2 V_{BD}$ 以下において P_{i2} は出現しなかった。

(4.2) 発電機コイルにおける基礎実験

(a) 含浸剤圧入度合による P_{i2} および破壊電圧の変化 コイルは、その主絶縁材であるマイカ紙絶縁層の空げきをなくするために含浸剤を圧入する。含浸剤としての不飽和ポリエステル樹脂は、硬化前は低粘度でマイカ紙絶縁層に含浸しやすく、硬化は重合反応であるため空げきができない性質がある。⁽⁷⁾⁽⁸⁾ そこで不飽和ポリエステル樹脂を使用して、数多く製作したコイルのうち、誘電正接試験をはじめ各種の試験を行い、空げきのきわめて少ないコイルを圧入含浸度 100% として選んだ。これと圧入含浸度 50%, 80% および全く含浸しないコイルの P_{i2} および交流短時間破壊



第 12 図 不飽和ポリエステル樹脂圧入含浸の程度による P_{i2} および破壊電圧の変化

し、これに比例して破壊電圧が上昇している。このことから圧入含浸度が大きく破壊電圧を左右しており、また P_{i2} の出現は絶縁層に介在する空げきに依存していることがわかる。

(b) 加熱劣化による P_{i2} および破壊電圧の低下

使用中における発電機コイルの劣化因子の中で、熱がおもなものであると一般に考えられている。第6表は最近のアスファルトコンパウンド圧入方式で製作した空げきのきわめて少ない絶縁良好なB種、6.6 kV、3,350 kVA 発電機用コイルの強制加熱劣化による P_{i2} の低下の試験結果を示す。強制加熱劣化はコイルを模擬スロットに収め、水平に配置し、125°C で加熱した。 P_{i2} および V_{BD} は常温の油中で求めた。本試験の結果、加熱劣化にしたがい P_{i2} が低下することがわかる。これは加熱により絶縁層に空げきが生成したためである。本試験において興味あることは、このときの α の値が前章において述べた一般コイルの α の値と

第 6 表 125°C 強制加熱劣化による

P_{i2} の低下試験結果

3,350 kVA 用 6.6 kV, B 種, 亀甲形

加熱日数 試料 No.	0	4週間	8週間	10週間	12週間	α
1	36< (75)					—
2	36<	34< (75)				—
3	36<	34<	26 (69)			2.65
4	36<			25 (61.2)		2.44
5	36<		28.5		22 (51.5)	2.34

注: 単位 kV, 括弧内数値は交流短時間破壊電圧

同一であることである。

(c) 機械的損傷 発電機コイルの絶縁を顕著に低下させる要素は機械的な損傷である。その一例として長年使用した発電機コイルをスロットから撤去する際、外力で無理に取り出したため下口コイル中央部に機械的損傷をうけ、破壊電圧および P_{i2} が低下したときの結果を第7表に示す。これは外力により絶縁層に空げきが生成したため P_{i2} が低下したものと考えられる。

第 7 表 機械的損傷による絶縁低下

条 件	P_{i2} (kV)	V_{BD} (kV)
スロットに収まっているとき	20	—
無理にスロットより撤去後	7.5*	17.0

(注) *: $\alpha=2.27$

(4.3) P_{i2} に対する考察 発電機コイルは、含浸剤の圧入不足、加熱および機械的損傷などのため絶縁層に空げきが生成すると P_{i2} が出現することを実験的に示した。ここに P_{i2} を算定してみよう。

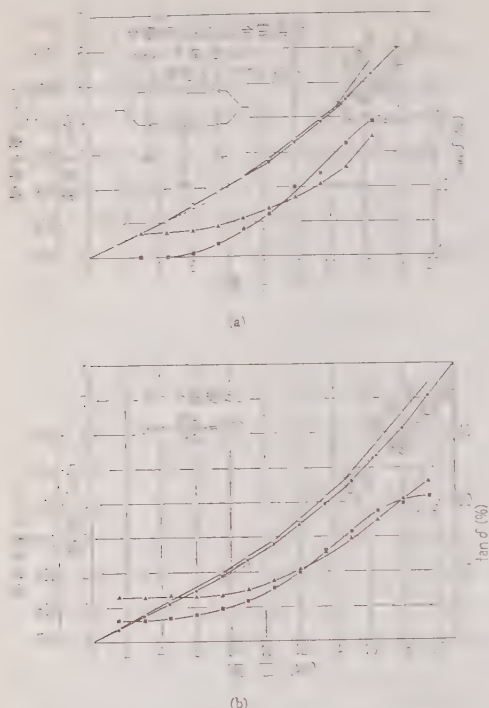
角周波数 ω なる試験電圧 V を絶縁物に印加したときの交流電流 I は次式で示される。

$$I = \omega C (1 + 1/2 \cdot \tan^2 \delta) V \dots \dots \dots (1)$$

ただし C : 絶縁物の静電容量, $\tan \delta$: 絶縁物の誘電正接

絶縁物に空げきが介在している場合、コロナ放電が発生すると静電容量および $\tan \delta$ は増大する。^{(11)~(16)}

発電機コイルの C および $\tan \delta$ をシェーリングブリッジで測定し、その値を用い (1) 式より電流を算出し、 P_{i2} を求めると実測値と一致する。この実例を第13図に示す。本試験において P_{i2} はガード電極の有無に無関係であることは、 P_{i2} が空げきに原因してい



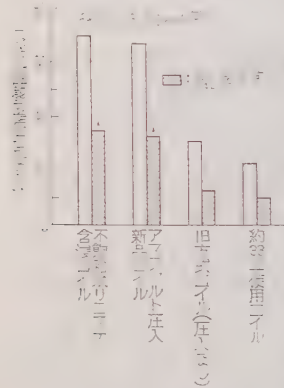
第13図 電流-電圧特性の実測値と計算値

ることを示している。

発電機コイルの P_{i2} と交流破壊電圧が比例関係にあることは、現在理論的には不明であるが、発電機コイルに空けきが生じると、それが直接破壊電圧を顕著

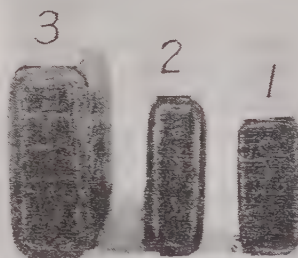
に低下させることに
ついては第12図で
容易に理解される。

6kV 級以下のコイルは大正末期から昭和初期にかけて、空けきの発生が著しく、いわゆる「ニで漬」のようなものになり、このためコイルの空けき含有率はかなり多く、 P_{i2} は最近のものに比較してかなり低く、破壊電圧も低い。この一例を第14

第14図 同一発電機に使用されるコイルの新旧方式の絶縁破壊電圧と P_{i2}

図に示す。

長年使用したコイルは熱、コロナおよび機械的作用



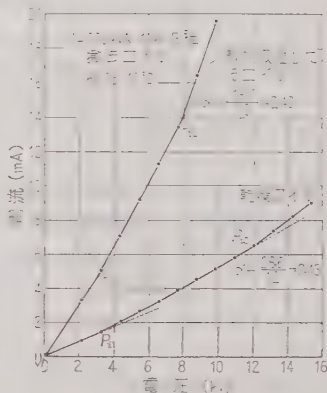
- 1: A種 6.6kV ($P_{i2}=8.0$ kV)
- 2: B種 11kV ($P_{i2}=12$ kV)
- 3: B種 11kV ($P_{i2}=17$ kV)

第15図 長年使用したコイルの切断面写真

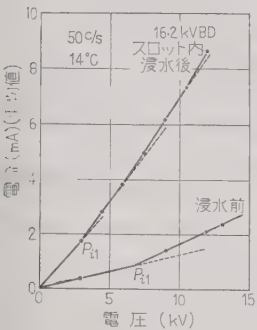
により絶縁層に空けきが生じ、これは解体所見から明らかである。第15図に撤去コイルの切断面写真を示す。また、絶縁層および導体表面に空けきが生じている。写真撮影係においては、使用経年が長い P_{i2} の値で示される。(10)

空けきによる吸湿あるいは局所的な絶縁低下部分がある特殊な型にあるコイルの P_{i2} は、出現が不明りょうであったり、 α の値に大きな偏差を生ずることがある。

この場合、この程度の吸湿は P_{i2} の出現および α の値に反映しない。その事例として第3表のU発電所の撤去コイルの1本は、他のものより P_{i1} 以下にあり、電流の大きさが2倍以上で、かなり吸湿していると思われるもので、第16図に比較的良好に乾燥しているコイルと併せて $I-V$ 特性を示すように、 P_{i2}

第16図 比較的吸湿しているコイルの P_{i2} と α の値

の出現の明りょう性は乾燥しているものと同一であり、しかも α の値は 2.34 で全く問題がない。しかるに浸水コイルのように多量に吸湿している場合、吸湿に基づく電流が著しく増大し、ボイド放電による P_{i2} の出現の電流はマスクされ P_{i2} の出現が不明りょうとなり、あるいは相当量吸湿により、ボイド放電は発生しないため P_{i2} は全く出現しないことになり、加えて絶縁破壊の機構は吸湿による熱破壊であるため当然 α の値が全く違ってくる。この実験例として約 33 年使用した 3,350 kVA 用、6.6 kV 撤去コイルを水深約 30 cm の水そうに 39 h 漬水し、その浸水前後の $I-V$ 特性を第 17 図に、また誘電正接試験結果を第 8 表に示す。相当量吸湿したため電流は顕著に増大し、5 kV において吸湿前の 5.16 倍になっており、一般の $I-V$ 特性と違い、破壊電圧が低下しているのに対し、 P_{i2} の出現が全く不明りょうである。



第 17 図 浸水した 6.6 kV 発電機コイルの $I-V$ 特性

している個所のあるコイルにおいて、局所的な空げき

を示す。相当量吸湿したため電流は顕著に増大し、5 kV において吸湿前の 5.16 倍になっており、一般の $I-V$ 特性と違い、破壊電圧が低下しているのに対し、 P_{i2} の出現が全く不明りょうである。

健全な絶縁層に深いきれつがはいっている場合のように局所的で、しかも破壊電圧が低下

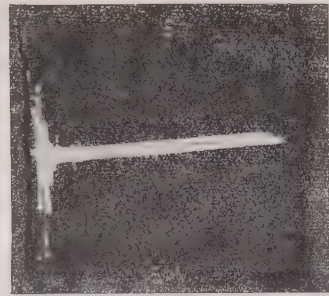
第 8 表 浸水試験前後の誘電正接試験
(供試コイル: 約 33 年使用 6.6 kV コイル)

	$\tan \delta - V$ 特性の湾曲点 (kV)	3 kV における $\tan \delta$ 値 (%)	6.6 kV における $\tan \delta$ 値 (%)	メガー値 (M Ω)
吸湿前	4	2.6	8.2	2,000<
9 h 浸水後	3>	7.0	12.8	1,000

の存在であるため見掛けの電流急増は顕著でない。い P_{i2} の出現しない全く健全部分の静電容量を C_0 、局所的欠陥部分の静電容量を δC 、またこの部分自体は第 2 電流急増点 P_{i2} が出現し、しかもこの点の電流増加傾向の増加倍数が n であるとき、見掛け上の P_{i2} 点における電流増加傾向 $(\Delta I / \Delta V)_{P_{i2}}$ の増加倍数は次式で示される。

$$m = 1 + n \delta C / C_0 \quad (2)$$

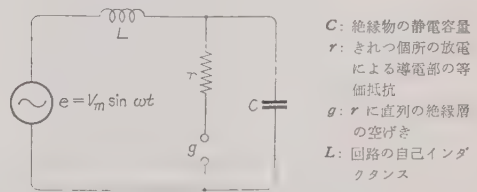
しかしながら絶縁層に深いきれつがはいっている場合、破壊電圧より低い電圧において、きれつ部分における火花放電に伴う減衰振動波形が電流に重ね合わさったり、または異常に波高値が高く、波尾の長いコロ



第 18 図 絶縁層に深いきれつがあるとき発生する減衰振動波形の一例
(シャ断周波数 $f_c = 4$ kc の高域フィルタにより 基本波シャ断)

ナパルスが電流に重ね合わさる。第 18 図は前者の一例で、EI デテクタを用い、電流波形観測の際電流波形にこのようなきれつ存在時独特の減衰振動波が重ね合わさっていたので、本装置内蔵の高域フィルタを用いて、減衰振動波だけ抽出したときのオシログラムである。この減衰振動波発生機構の説明図を第 19 図に示す。本試験において、試験中上記のような異常波形を認めたとき試験を中止し、 $I-V$ 特性曲線において、第 2 番目の電流急増点の電流増加傾向の増加率 m がたとえ 1.5 以下でもこれを P_{i2} とすることにより、 α の値は一般コイルの $\bar{\alpha}$ の値に近い場合が大部分あった。

第 2 電流急増点を求めるため破壊電圧の 50% 程度の試験電圧を印加させても絶縁を損傷させるようなことはない。これについては数種のコイルについて実験を行い、第 2 回測定時の P_{i2} は第 1 回測定時の P_{i2} と同一の値からこれを確かめた。たとえば第 16 図の比較的吸湿したコイルにおいても、第 2 回測定時の P_{i2} は第 1 回の P_{i2} と全く同一値であった。なおこのときの最大試験電圧はいずれも 9.9 kV である。



第 19 図 絶縁層に深いきれつが存在している場合の高圧印加時の減衰振動波発生の説明図

5. 結 言

P_{i2} 出現の機構およびこれが交流破壊電圧との関連性について、今後理論的な解明をする必要があるが、以上多くの実験結果および考察から、次のことが結論される。

(1) 発電機コイルにおける P_{i1} および P_{i2} はボイドの存在による。

(2) 発電機コイルの P_{i2} と交流短時間破壊電圧とは一定の比例関係にある。 $\alpha = V_{BD}/P_{i2}$ の値は 2~2.7 である。 P_{i2} を実測することにより、それらコイルの絶縁強度を推定することができる。

(3) 相当量吸湿している場合は P_{i2} の出現が不明りょうとなったり、あるいは α の値が大幅に偏差を生ずることがある。

終りにあたり、本研究は昭和 27 年ころより開始したもので、この間格別のご支援をいただいた中部電力水力課長、支店発電課長をはじめ関係者各位に感謝の意を表わす次第である。また本研究の裏付実験に積極的なご協力をいただいた東京芝浦電気株式会社、日機製作所の関係者各位、本研究の試験にご協力下さった株式会社日立製作所、三菱電機株式会社および株式会社明電舎の関係者各位、種々ご討論、ご指導をうけ

た絶縁劣化研究懇談会（電中研主催）および絶縁劣化専門部会（中部電力主催）の各位に感謝する次第である。（昭和 35 年 6 月 30 日受付，同 36 年 1 月 10 日再受付）

文 献

- (1) 村沢・寺瀬：OHM **39**, 411 (昭 27)
- (2) 寺瀬：昭 28 連大 44
- (3) 寺瀬：絶縁劣化検出法の実験 p. 50 (昭 32-5)
- (4) 寺瀬：回転機線輪絶縁試験法研究委員会 小委員会資料 No. 82-1 (昭 30-12)
- (5) 寺瀬：第 12 回絶縁劣化研究懇談会資料 No. 2 (昭 35-3)
- (6) 発電機絶縁試験法研究委員会：発電機線輪絶縁試験法 p. 64 (昭 33-6)
- (7) 高橋・吉本・荻野・寺瀬・田口・長嶋・大塚：東芝レビュー **15**, 859 (昭 35)
- (8) 寺瀬：絶縁劣化専門部会資料 No. 14 (昭 34-10)
- (9) 寺瀬：第 13 回絶縁劣化研究懇談会資料 No. 13 (昭 35-9)
- (10) 井関：昭 31 関西支部連大 25
- (11) Thomas W. Dakin: Pwr Apparatus and Syst. No. 44 (1959)
- (12) A.E.W. Austen & W. Hackelt: J. Instn Elect. Engrs **91**, 298 (1944)
- (13) 池田・堀井：電学誌 **75**, 111 (昭 30)
- (14) A.N. Avman & A.T. Starr: J. Instn Elect. Engrs **79**, 67 (1936)
- (15) N.J. Oudin & H. Thevenon: Rev. gen. Elect. **62**, 581 (1953)
- (16) 石坂：日本電気協会研究論文集第 36 回 p. 192 (昭 32)
- (17) 吉本・寺瀬：OHM **46**, 1215 (昭 34)

UDC 621.313.29-9

直 流 階 動 電 動 機 に つ い て*

資料・論文

36-64

正員 関 根 三 郎†

1. ま え が き

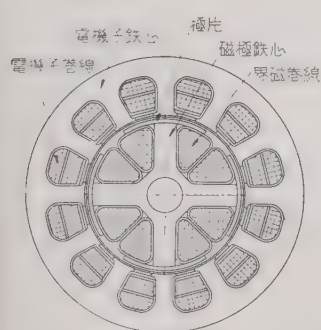
直流階動電動機は変位、速度などを遠隔指示したり、また追従機構に長い間使用されてきた小形電動機である。同じ目的に使用されているセルシン電機（筆者らは直流階動電動機に対応してこれを交流階動機と称した。階動とは発信器と受信器の両セルシン電機が“ともに動く”という意味である）はトルクが弱く乱調を起しやすい。しかし直流階動電動機はトルクが比較的強く、乱調を起しにくい。

本文はまず直流階動電動機およびその発信器の主要構造を説明し、次にそのトルク、電流と速度との特性、同期運転限度に対する考察を述べ、理論値と実測値とを比較している。

2. 直 流 階 動 電 動 機 と そ の 発 信 器 の 主 要 構 造

直流階動電動機（以下単に電動機という）は界磁と電機子とこれを支持する機械的部分よりなる。

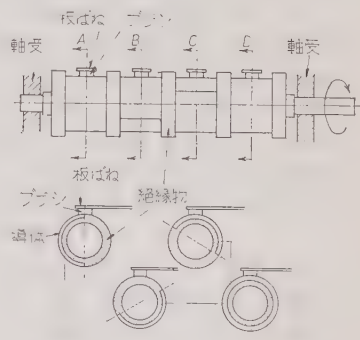
界磁と電機子とはいずれが固定子でも回転子でもさしつかえないが、界磁を回転子とすれば滑動環の数が少なくてすみ、また永久磁石を用いれば滑動環は不要と



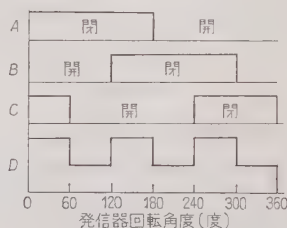
第 1 図 電動機要部断面図

ットに近いが、その開口部は薄肉鉄製円筒で閉じられて巻線が支持され、同時に磁気くさびとなっている。
・発信器は3極の周期的開閉器でその例を第2図および第3図に示す。第2図(a)は2極円筒形発信器であ

なるから回転子に界磁、固定子に電機子を配する場合が多い。電機子は成層鉄心のスロットに三相2層巻星形結線を施してある。断面を第1図に示す。電機子スロットはほとんど開口スロ



(a) 構造図



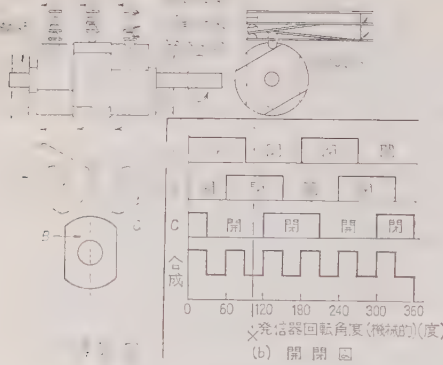
(b) 開閉図

第 2 図 2 極円筒形発信器

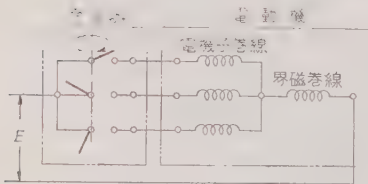
る。上図は正面図で下図は A, B, C, D 各部の矢視断面を示す。A, B, C の円周上には機械的角度で 120° ずつ移相して半円周上に相互に絶縁された導体があり、各導体は円筒内部を通して D の導体環に接続されている。A, B, C, D 環上にはそれぞれブラシが一直線上に並んで軸に平行に置いてある。この発信器を矢の方向に回転すれば A, B, C 各ブラシと D ブラシとは発信器軸の機械的回転角度で 120° の相差をもって 180° の間だけずつ開閉する。この状態を第2図(b)に示す。発信器は1回転で元の状態にもどるから2極である。第2図(a)に示した状態は第2図(b)の 0° を少し過ぎた所にあたる。第3図(a)は4極カム形発信器でカム軸の機械的角度 60° 相差で各相の接点は 90° の間だけずつ開閉する。この状態を第3図(b)に示す。発信器は1回転で2回同じ状態をくり返すから4極である。第3図(a)に示した状態は第3図(b)中の×印の所にあたる。第3図(b)を電氣的角度で示せば第2図(b)と同じとなる。

* On DC Step-by-Step Motor. By S. SEKINE, Member (Kōa Bōki Co., Ltd.).

† 興亜紡機株式会社



第3図 4極カム形発信器



第4図 総合接続図

第4図に発信器と電動機の総合接続図を示す。第2図、第3図とも(b)の最下欄に合成開閉図を示したが、このグラフから電機子巻線は発信器の電氣的回転角度 60° ごとに1相通電、2相通電をくり返していることがわかる。これを電動機について見れば、電動機は発信器の電氣的角度 60° ごとに、やはり電氣的角度 60° の回転をすることになる。すなわち電動機の回転は階級的であるから階動電動機の名称があるわけである。電動機の極数が増せば電動機軸の回転階段角度は小となるが、角度を伝達する場合に電動機極数を増すだけでは伝達角度誤差が大で、不十分な場合には発信器の回転数を上げて、なおかつ電動機に減速歯車をつけて使用すればよい。

第2図の円筒形発信器は機械的摩擦が少ない特長があるが、第3図のカム形発信器より電動機の追従性が悪かった。なお発信器の火花防止のため開閉接触片間にコンデンサまたはコンデンサと抵抗とを入れる場合もある。

発信器の極数, rpm を p_t, n_t , 電動機の極数, rpm を p, n とすれば次の関係がある。

$$n = (n_t p_t) / p \dots \dots \dots (1)$$

また1回の接触時間 T (s) は交流の半サイクルにあたり次式に示される。

$$T = 60 / n_t p_t = 60 / (np) \dots \dots \dots (2)$$

3. トルク、電流と速度との特性

まず、発信器と電動機とがある速度で同期運転をしている場合、電動機にかかる負荷を次第に増してついに電動機が脱調する場合の出力、トルクを求めてみる。設定した仮定は次のとおりである。

- (1) 磁気回路は磁気ヒステリシスを有せず未飽和とする。
- (2) 電機子反作用を無視する。
- (3) 発信器で電流を切ったとき電流は直ちに零となるものとする。
- (4) 発信器と電動機は同極数 p とする。したがって電動機は発信器と同一 rpm n で回転するものとする。界磁巻線も電機子巻線も全極直列に結線されたものとする。

式に用いた記号と単位は次のとおりである。

E : 端子に加える直流電圧 (V), Φ : 毎極磁束数 (M), T_f : 界磁巻線毎極巻数, R_f : 界磁巻線全体の抵抗 (Ω), L_f : 界磁巻線全体の自己誘導係数 (H), B_g : ギャップにおける平均磁束密度 (G), T_a : 電機子巻線1相の巻数, R_a : 電機子巻線1相の抵抗 (Ω), L_a : 電機子巻線1相の自己誘導係数 (H), e_v : B_g と n とにより電機子巻線1相に誘起する速度起電力, i : 1相あたり電流 (A), P : 平均電動機軸出力 (W), D : ギャップにおける電機子直径 (cm), l : 鉄心積重長 (cm), δ : ギャップの長さ (cm), ϕ : % 極弧, K_c : カーター係数, $L_a + L_f = L$, $R_a + R_f = R$ とおく。

仮定 1 により

$$\Phi = K T_f i \dots \dots \dots (3)$$

界磁に永久磁石を使用した場合には Φ を一定とみればよい。 K は磁気回路によって定まる定数である。

$$B_g = (\Phi p) / (\pi D \phi l) = (K T_f p i) / (\pi D l \phi) \dots \dots \dots (4)$$

$$e_v = (K p T_f T_a n 10^{-8} i) / (30 \phi) \dots \dots \dots (5)$$

1相通電時

$$L \frac{di}{dt} + \left(R + \frac{K p T_f T_a n 10^{-8}}{30 \phi} \right) i = E \dots \dots \dots (6)$$

ここに

$$\Omega = R + \frac{K p T_f T_a n 10^{-8}}{30 \phi} \dots \dots \dots (7)$$

とおけば (6) 式の解は

$$i = \frac{E}{\Omega} \left(1 - e^{-\frac{\Omega}{L} t} \right) \dots \dots \dots (8)$$

(8) 式と (5) 式との相乗積は電動機の瞬時機械的軸出力である。この相乗積の $t=0$ から T までの平均値を求めれば、これが1相あたりの $t=0$ から T までの間の平均出力である。三相巻線全体に対する平均軸

出力は次式で求められる。

$$P = \frac{3}{2} \frac{1}{T} \int_0^T e_p i dt$$

$$= \frac{K 5 T_s T_f p n E^2}{\phi \Omega^2 10^{10}} \left[1 - \frac{L}{\Omega T} \{ 1.5 \right.$$

$$\left. - 0.5 e^{-\Omega T/L} (4 - e^{-\Omega T/L}) \} \right] \quad (W) \dots (9)$$

$$\text{トルク } M = \frac{K 4.9 T_s T_f p E^2}{\phi \Omega^2 10^5} \left[1 - \frac{L}{\Omega T} \{ 1.5 \right.$$

$$\left. - 0.5 e^{-\Omega T/L} (4 - e^{-\Omega T/L}) \} \right] \quad (\text{cmg})$$

$$\dots \dots \dots (10)$$

仮定 1 により近似的に K/ϕ は次のように求められる。

$$T_f i = 0.8 B_g \delta K_c \dots \dots \dots (11)$$

(11) 式と (3) 式とより

$$K/\phi = (0.4 \pi^2 D l) / (p \delta K_c) \dots \dots \dots (12)$$

(12), (9), (10) 式より

$$P = \frac{2 \pi^2 T_s T_f D l n E^2}{\delta K_c \Omega^2 10^{10}} \left[1 - \frac{L}{\Omega T} \{ 1.5 \right.$$

$$\left. - 0.5 e^{-\Omega T/L} (4 - e^{-\Omega T/L}) \} \right] \quad (W) \dots (9')$$

$$M = \frac{1.95 \pi^2 T_s T_f D l E^2}{\delta K_c \Omega^2 10^5} \left[1 - \frac{L}{\Omega T} \{ 1.5 \right.$$

$$\left. - 0.5 e^{-\Omega T/L} (4 - e^{-\Omega T/L}) \} \right] \quad (\text{cmg})$$

$$\dots \dots \dots (10')$$

$$\Omega = R + \frac{0.4 \pi^2 T_s T_f D l n}{3 \delta K_c 10^9} \dots \dots \dots (7')$$

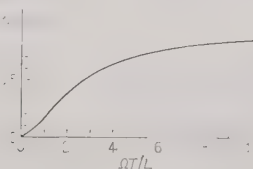
(9)~(10') 式の括弧内の値をグラフで第 5 図に示した。 $(\Omega T)/L$ には最小限度があって零にはなりえない。すなわち (7), (2) 式を用いて

$$\frac{\Omega T}{L} = \frac{60 R}{n p L} + \frac{0.8 \pi^2 T_s T_f D l}{p \delta K_c L 10^8} \dots \dots \dots (13)$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Omega T}{L} = \frac{0.8 \pi^2 T_s T_f D l}{p \delta K_c L 10^8} \dots \dots \dots (13')$$

以上の式からはほほ次のことがわかる。

(1) (10) 式によって示されるトルク-速度特性を



第 5 図 $1 - \frac{L}{\Omega T} \{ 1.5 - 0.5 e^{-\Omega T/L} (4 - e^{-\Omega T/L}) \}$ の値

調べてみる。 n が小となると (7) 式により Ω が小となり、(10) 式の括弧外の項の値は大となり、かつ括弧内の値も (13) 式および第 5 図より明らかなように大となる。すなわちトルクは速度小なときは比較的大であるが、速度が大となるにしたがい小となり、終りには電動機は発信器に追従しきれなくなり脱調し停止する。

(2) D, l のトルクにおよぼす影響は (10') 式中 Ω にも D, l が含まれているため簡単な結論が出ない。しかし傾向としては D, l を大とした場合、低速におけるトルクは大となるが追従特性が悪くなる。

(3) 低速になれば当然電流が増し磁気回路が飽和してきて上述の式中 K が小となり、トルクは実測値より大となる。

(4) 電流は断続的であり、(8) 式に示すように過渡電流である。かつ電機子巻線の 1 相通電と 2 相通電とあることは第 2 図および第 3 図の (b) に示すとおりである。(8) 式中 $t = T$ とおけば最終電流が得られ、そのときには他の 1 相の電流が (8) 式中 $t = \frac{T}{3}$ とおいた値となっている。この 2 電流を加えたものが線電流の最大値である。すなわち

$$i = \frac{E}{\Omega} (2 - e^{-\Omega T/L} - e^{-\Omega T/3L}) \dots \dots \dots (14)$$

発信器が停止しているときには電動機には最大電流が通る。かかる使い方をするときには電動機は冷却がもっとも悪いから温度上昇に注意を要する。

4. 同期運転限界

(4.1) 最大追従速度 発信器と電動機とを電源につないで、発信器の回転速度を 0 から徐々に増して電動機が追従して同期回転している場合、各速度における電動機の最大トルクは (10) 式または (10') 式で示されるように次第に減少し、負荷トルクとはほぼ等しくなれば電動機は同期からはずれて停止する。このときの速度を最大追従速度と仮称する。

(4.2) 最大起動速度 発信器だけを一定速度 n_0 にて回転しておき、次に電動機をスイッチインした場合、電動機が起動し速度上昇して同期運転にはいりうるような n_0 の最大値を最大起動速度と仮称する。

(6) 式において

$$(K T_s T_f p 10^{-8}) / (30 \phi) = A$$

とおけば

$$L di/dt + (R + A n) i = E \dots (n: \text{ rps}) \dots (15)$$

$$\text{トルク } M = \{ (2.93 A 10^8) / 2 n t \} \int_0^t n^2 dt \quad (\text{cmg})$$

$$\dots \dots \dots (16)$$

$$M_0 = 2\pi I (dn/dt) + M_0 g \dots \dots \dots (17)$$

g : 980 cm/s², I : 電動機および負荷の慣性モーメント, M_0 : 負荷および機械的損失のトルク (cmg)

(15)~(17) 式を解いて n を求め, $t=1/4n$ として得る n は求める最大起動速度 n_0 であるはずである。しかしこの式は起動の過渡現象を取り扱っており, したがって起動電流のため磁気回路が飽和して仮定 1 と合致せず, 本論文の範囲外となるので, 次の簡便法をとって見たところ, 無負荷の場合割合によく実測と合致した。負荷をかけた場合は未試験である。

すなわち (17) 式で M_0, M を一定とみなせば

$$n_0 = \sqrt{\frac{(M - M_0)g}{8\pi I}} \text{ (rps)} \dots \dots \dots (18)$$

を得る。

(18) 式中の M の定め方は次のようにする。

まず前述した理論によりトルク-速度曲線を求める。この曲線上の一点のトルクを M , rpm を n_0' とする。この M の値を (18) 式に入れて n_0 を算出し, $n_0' = n_0$ となるような n_0' を求め, これを最大起動速度とするのである。

この略算では過渡トルクのうち最小値をとっているので得られる n_0' は実際の最大起動回転速度より小である。特に発信器の火花防止が充分でできれば実際の最大起動速度はもっと大となるはずである。

5. 実 際 例

実際に製作した電動機の一例は次のようなものである。

直流 12 V, 4 極, $D=5.7$, $l=6.6$, 固定子外径 = 10, 12 スロット, ギャップ 0.03 (単位: cm), 磁極鉄心幅 = 1.9

固定子巻線 エナメル線 0.5 φmm, 180 回/コイル, コイルピッチ 1~3, 2 層巻

1 相あたり 4 コイルで, 2 コイル直列としたものを並列に結ぶ。星形結線

界磁巻線 エナメル 0.65 φmm, 200 回/極,

2 コイル直列としたものを並列につなぐ

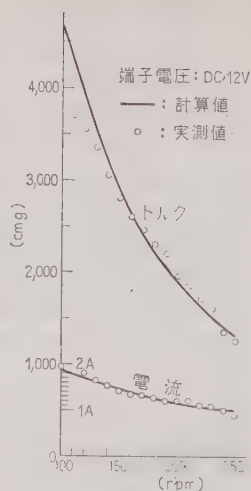
この電動機の計算値と実測値とを第 6 図に示す。図中の曲線は (10') 式および (13) 式により求めたものであり, 曲線の付近にある点は実測値である。

130 rpm 以上の速度ではトルクも電流も計算値と実測値とはかなりよく合っているが, 130 rpm 以下では磁気回路の飽和のため実測値は計算値より次第に小となっている。

この電動機の無負荷最大追従速度は 1,800 rpm で

(9) 式によってトルクを算出すると 35 cmg となる。この値はこの程度の電動機の 1,800 rpm における無負荷損トルクとしては妥当なものと思われる。

最大起動速度は実測で 250 rpm であった。この電動機の $I=3,210$ gcm², トルク速度曲線 (第 6 図) 上 245 rpm の点では $M=1,350$ cmg, $M_0=0$ として (18) 式より $n_0=4.05$ rps = 243 rpm を得る。



第 6 図 トルク, 電流と rpm 特性

6. 結 言

(1) 以上直流階動電動機ならびにその発信器について概略構造および特性算定法について述べた。(2) 特性算定の基となっている概念は直流電動機の場合と同じであるが, 過渡現象を取り扱っているため, 結果の式は指数関数を含む妙な形となった。しかし磁気回路が未飽和の範囲では計算と実測とがかなりよく合致した。さらに簡単明瞭な形とするのは今後の問題である。(3) この電動機のトルク-速度特性は直巻特性である。(4) この電動機は過渡現象の連続によって運転されるためトルクが脈動する欠点がある。これを除くため, 緩衝方法が講ぜられる必要がある。この脈動を少なくするため, 比較的高速回転で使用するのも一法である。(5) 発信器は一種の周期的開閉器であるが, 機械的の開閉器では火花を発生し電動機の追従を悪くし, 発信器の温度が上がり過ぎたりするので電子管か半導体でできれば電動機の追従特性は向上し, 発信器の寿命も延長されるであろう。(6) この電動機は以前は航海計器などに使用されていたが, 現在ほどの程度に使用されているか筆者は現在関係していないのでわからない。本研究も現在中絶しているため未解決の問題もそのままになっていて残念である。そこで一応の結果をまとめて発表した次第で, 多少なりともご参考になれば幸である。

(昭和 35 年 9 月 15 日受付, 同 36 年 2 月 4 日再受付)

UDC 621.313.17-8: 621.398.088.22

制御用シンクロの残留電圧と電気誤差*

資料・論文

36-65

正員 森田 啓 二 郎†

1. 緒 言

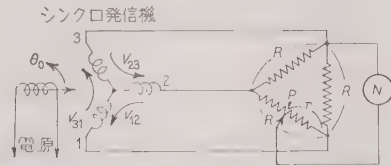
シンクロは角度を伝達する要素であり、したがって発受信機間の角度誤差がもっとも重要な性能であるが、発信機側では角度（軸の回転角）をいったん電気信号（二次電圧分布）に変換して送り出し、受信機側でこれを再び角度にもどすのであるから、それぞれにおける変換誤差が基本となる。特に制御用シンクロではトルク用と異なり摩擦誤差が含まれないため、制御発信機においては軸角と二次電圧分布、制御変圧機（受信機側）では一次電圧分布と二次電圧を零にさせる軸の位置とが、理想的な場合の対応関係と一致していなければ、シンクロ系としてそれだけの誤差を生ずることになるので、かかる対応関係を示すシンクロ単独での電気誤差をできる限り少なくしなければならぬ。

電気誤差のうち、起磁力分布あるいは空間高調波磁束による高次誤差についてはすでに文献(1)～(3)などで詳細に検討され、スロットの数や巻線分布、巻線係数を適当に選ぶことによってその誤差を充分小さくしうることが示されている。これ以外の原因、特に機械的な形状誤差（加工誤差などによるギャップの不同）がシンクロの電気誤差にどれほど影響するかについては、工作上重要な問題であるが、文献(1)ではやや実用的でなく、その他にはまだ具体的な関係をまとめたものがないようなので、ここではこの点を中心に検討を行うとともに、比例電圧法による測定法と関連させて、電気誤差全般についても簡単にとりまとめた。

なお発信機と制御変圧機についての単独の電気誤差に限って検討し、発信機は一次回転子単相、二次固定子三相Y結線、制御変圧機は一次固定子三相Y結線、二次回転子単相巻線とした。

2. 測 定 法

電気誤差の測定は通常用いられている比例電圧法によるものとする。これはアメリカの規格(4)による測定法であるが、わが国でも広く用いられており、その概



第 1 図 シンクロ発信機の電気誤差測定回路

略は次のとおりである。

発信機の場合 第 1 図のように接続する。理想的なシンクロ発信機の二次電圧は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} V_{31} &= V_{2m} \sin \theta_0 \\ V_{12} &= V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{4}{3} \pi \right) \\ V_{23} &= V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{2}{3} \pi \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここで V_{31} , V_{12} , V_{23} は各固定子端子 3—1, 1—2, 2—3 間の電圧、(実効値) V_{2m} は二次電圧の最大値、 θ_0 はシンクロの基準位置（零位置）からの回転子の回転角とする。

(1) 式より二次電圧の最小値と最大値の比は理想的な場合、 $\theta_0 = 0 \sim \frac{1}{3} \pi$ では

$$\frac{V_{31}}{V_{12}} = \frac{\sin \theta_0}{\sin \left(\theta_0 + \frac{4}{3} \pi \right)} \dots\dots\dots (2)$$

で表わされる。一方、誤差を有する被試験機のそれにそれぞれダッシュをつけ、上記比率 V_{31}'/V_{12}' が (2) 式の値と等しくなるまで軸を回転させて θ_0' になったとすると、このときの各相電圧分布は (1) 式の場合と同じ比率になるから

$$\theta_0' - \theta_0 = \varepsilon \dots\dots\dots (3)$$

より、 ε を θ_0 における電気誤差とするのである。したがって、零メータ（基準電圧と同相の基本波だけを示す電圧計） N の端子 P を最大電圧が加わっている抵抗辺に接続し、 r/R を各 θ_0 に対して (2) 式の絶対値に等しく設定すれば、 N にかかる電圧 V は

$$V = V_{31}' - V_{12}' \frac{\sin \theta_0}{\sin \left(\theta_0 + \frac{4}{3} \pi \right)} \dots\dots\dots (4)$$

となるから、 V を零にさせる θ_0' の値から電気誤差

* Residual Voltage and Electrical Error of the Control Synchros.
By K. MORITA, Member (Tokyo Keiki Seizosho Co., Ltd.).

† 東京計器製造所設計部

ε を求めることができる。もし電圧に時間高調波を含んでいる場合は、 V の成分中基準基本波だけを考えればよい。 θ_0 が $\frac{1}{3}\pi \sim \frac{2}{3}\pi$, $\frac{2}{3}\pi \sim \pi$, …… についても同様である。なお抵抗 R は影響がシンクロにおよばないよう充分高く、(10 k Ω) かつ正確に平衡したもの (0.01%以内) を選ぶことになっている。

制御変圧機の場合 第2図のように接続し、発信

シンクロ発信機



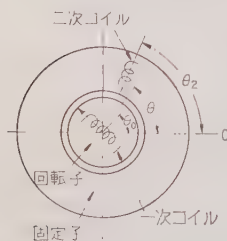
シンクロ制御変圧機

第2図 シンクロ制御変圧機の電気誤差測定回路

機を上記の方法で校正することによって制御変圧機の一次各相に加わる電圧を理想的な場合と同じ分布比率にしたもの、二次電圧を零にさせる軸位置 θ_0' を求め、(3) 式より制御変圧機の電気誤差 ε を求める。

3. 残留電圧

ここで残留電圧とは二次電圧の最小値をいい、本来零になるべきものであるが、材料、加工、巻線の不均一、鉄心の飽和などによって零とはならず、サーボ増



第3図 角度符号の取り方

幅器の飽和、サーボモータの過熱、その他の悪影響を生ずるからなるべく小さくすることが望ましい。

いま一次、二次コイルを第3図のように考えると、ギャップ内の任意の位置 θ における単位角あたりの磁束密度 b は次式で表わされる。

$$b = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \{a_{ij} \sin j(\theta - \theta_0) + b_{ij} \cos j(\theta - \theta_0)\} \times \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{j=1}^{\infty} \{a'_{ij} \sin j(\theta - \theta_0) + b'_{ij} \cos j(\theta - \theta_0)\} \cos i\omega t \quad (5)$$

ここで a_{ij} , a'_{ij} , b_{ij} , b'_{ij} はフーリエ係数、 ω は電源周波数に対応する角速度、 t は時間とする。これより二次誘起電圧を求め、それを最小にする θ_0 の位置を知ることができるが、残留電圧の場合、空間高調波は絶対値の誤差としてしか影響しないので、簡単のため空間分布は基本波だけとし、また二次コイルの角

度 $\theta_2=0$ とすると b は主軸方向の b_d と横軸方向の b_q に分けられて次のようになる。

$$b_d = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} a_{1i} \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} a'_{1i} \cos i\omega t \right\} \sin(\theta - \theta_0) \\ b_q = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} b_{1i} \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} b'_{1i} \cos i\omega t \right\} \cos(\theta - \theta_0) \quad (6)$$

通常電源波形から考えて $a'_{1i} \approx 0$ と考えてさしつかえないから、二次コイルをまず全節巻とし、主磁束を ϕ_d 、横軸磁束を ϕ_q とすると、鎖交する磁束はそれぞれ

$$\phi_d = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} \phi_{di} \sin i\omega t \right\} \sin \theta_0 \\ \phi_q = \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} \phi_{qi} \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} \phi_{qi}' \cos i\omega t \right\} \cos \theta_0 \quad (7)$$

の形で表わされる。したがって二次誘起電圧 v_2 は

$$v_2 = -K_1 \omega \sum_{i=1}^{\infty} \{i(\phi_{di} \sin \theta_0 + \phi_{qi} \cos \theta_0) \cos i\omega t - i\phi_{qi}' \cos \theta_0 \sin i\omega t\} \quad (8)$$

ここで $K_1 = K_{w1} N_2$ で、 K_{w1} は二次コイルの基本波に対する巻線係数、 N_2 は二次コイルの巻数である。

この電圧を実効値で表わし V_2 とすると

$$V_2 = \frac{K_1 \omega}{\sqrt{2}} \sqrt{\phi_d^2 \sin^2 \theta_0 + \phi_q^2 \cos^2 \theta_0 + \phi_{aq}^2 \sin 2\theta_0} \quad (9)$$

$$\phi_d^2 = \sum_{i=1}^{\infty} \{(\phi_{di})^2\} \\ \phi_q^2 = \sum_{i=1}^{\infty} \{(\phi_{qi})^2 + (\phi_{qi}')^2\} \\ \phi_{aq}^2 = \sum_{i=1}^{\infty} \{i^2 \phi_{di} \phi_{qi}\} \quad (10)$$

V_2 を極小にさせる θ_0 の値は制御変圧機の誤差に相当するからきわめて小さい。したがって (9) 式より V_2 の極小値、すなわち残留電圧 V_{2min} は次のようになる。

$$V_{2min} \approx \frac{K_1 \omega}{\sqrt{2}} |\phi_q| \quad (11)$$

また (8) 式より

$$v_2 = -K_1 \omega \sum_{i=1}^{\infty} \phi_i \cos(i\omega t + \alpha_i) \\ \phi_i = i \sqrt{(\phi_{di} \sin \theta_0 + \phi_{qi} \cos \theta_0)^2 + (\phi_{qi}' \cos \theta_0)^2} \\ \alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{\phi_{qi}' \cos \theta_0}{\phi_{di} \sin \theta_0 + \phi_{qi} \cos \theta_0} \right) \quad (12)$$

となり、残留電圧の基本波分（実効値） ${}_1V_{2\min}$ は

$${}_1V_{2\min} = \frac{K_1\omega}{\sqrt{2}}\phi_1 \dots\dots\dots(13)$$

で、これを零にさせる θ_0 の値を ${}_1\theta_m$ とすると、 ${}_1\theta_m$ もまた零に近いから

$$\tan {}_1\theta_m \simeq \frac{-\phi_{q1} \pm j\phi_{q1}'}{\phi_{d1}} \dots\dots\dots(14)$$

これより残留電圧の基本波分を零にさせるには、 ϕ_{q1}' すなわち横軸磁束の直角位相分を零にする必要があり、そのときの角度（誤差）は $-\tan^{-1}(\phi_{q1}/\phi_{d1})$ で表わされる。各高調波についても同様であるが、全残留電圧を零にするのは特殊な条件が成立しない限りできないので、(11) 式で示されるように横軸磁束全体を減らさなければならない。

なお、ここでは一次、二次とも単相の巻線としたが三相巻線の場合は等価的な単相巻数を考えればよい。

4. 電 気 誤 差

(4.1) 誤差の原因 電気誤差はいろいろな原因によって生ずるが、これを大別すると、磁束の分布に関係するものと、二次巻線の不平衡のように磁束分布に無関係なものとなり、前者はさらに主起磁力の分布状態によるものと、横軸磁束によるものとに分けられる。以下それぞれについて考察する。（軸方向の磁束分布は一様とした）

(4.2) 主起磁力の空間高調波による電気誤差

(a) 発信機の場合 磁束密度は (5) 式において $a_{ij}'=0$, $b_{ij}=0$, $b_{ij}'=0$, $i=1$ とした次式になる。

$$b = \sin \omega t \sum_{j=1}^{\infty} a_{1j} \sin j(\theta - \theta_0) \dots\dots\dots(15)$$

これより各相の誘起電圧（実効値）を求めるには、第3図の θ_2 を 0 , $\frac{2}{3}\pi$, $\frac{4}{3}\pi$ として次式を得る。

$$V_{31}' = {}_1V_2' \sum_{j=1}^{\infty} \nu_j \sin j\theta_0'$$

$$V_{12}' = {}_1V_2' \sum_{j=1}^{\infty} \nu_j \sin j\left(\theta_0' + \frac{4}{3}\pi\right) \dots\dots\dots(16)$$

$$V_{23}' = {}_1V_2' \sum_{j=1}^{\infty} \nu_j \sin j\left(\theta_0' + \frac{2}{3}\pi\right)$$

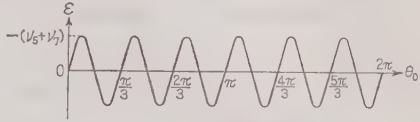
ここでダッシュを付けたのは理想シンクロと区別するためであり、 ${}_1V_2'$ は二次誘起電圧の基本波分の最大値（時間に対しては実効値）であり、 K_{wj} は j 次高調波に対する二次巻線係数として

$$\nu_j = \frac{a_{1j}}{ja_{11}} \frac{K_{wj}}{K_{w1}} \sin \frac{j\pi}{2} \dots\dots\dots(17)$$

とした。(3), (4) 式および (16) 式よりこの場合の電気誤差が求められるが、偶数次と $3n$ 次は考える必要がないから

$$\varepsilon \simeq -(\nu_5 + \nu_7) \sin 6\theta_0 - (\nu_{11} + \nu_{13}) \sin 12\theta_0 - \dots\dots\dots(18)$$

となり、第4図 (a) のようにいわゆる6次あるいは12次などの高次誤差を生ずる。第4図 (b) に12次誤差の実例を示した。



(a) 6 次 誤 差



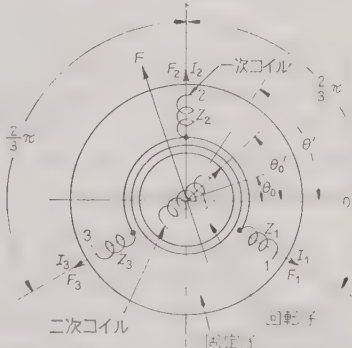
(b) 23CX6 シンクロ発信機電気誤差実測例

第 4 図 高調波誤差

(b) 制御変圧機の場合 制御変圧機一次各相線間に加わる電圧は (1) 式で表わされると考えてさしつかえないから、一次各相の電流（実効値）は

$$\begin{aligned} I_1 &= I_m \sin\left(\theta_0 + \frac{1}{6}\pi\right) \\ I_2 &= I_m \sin\left(\theta_0 + \frac{3}{2}\pi\right) \\ I_3 &= I_m \sin\left(\theta_0 + \frac{5}{6}\pi\right) \end{aligned} \dots\dots\dots(19)$$

となる。ただし I_m は各相電流実効値の最大値とする。一方、各相の主起磁力分布は (第5図)



第 5 図 制御変圧機の符号の取り方

$$\begin{aligned} F_1 &= AI_1 \sum_{j=1}^{\infty} M_j \sin j\left(\theta' + \frac{2}{3}\pi\right) \\ F_2 &= AI_2 \sum_{j=1}^{\infty} M_j \sin j\theta' \end{aligned} \left. \dots\dots\dots(20) \right\}$$

$$F_3 = AI_3 \sum_{j=1}^{\infty} M_j \sin j \left(\theta' + \frac{4}{3} \pi \right)$$

であるから (19) 式を代入し、合成起磁力

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \dots\dots\dots (21)$$

を求め、これより制御変圧機二次誘起電圧を零にさせる回転子角 θ_0' が得られるから、(3) 式より、この場合の電気誤差は次式となる。

$$\varepsilon \approx -(\nu_5 - \nu_7) \sin 6\theta_0 + (\nu_{11} - \nu_{13}) \sin 12\theta_0 + \dots\dots\dots (22)$$

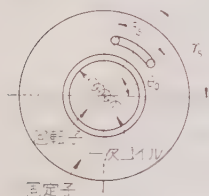
ただし (20) 式で A は定数、 M_j は j 次起磁力を生ずる一次巻数成分である。また

$$\nu_j = \frac{M_j K_{rj}}{j M_1 K_{r1}} \dots\dots\dots (23)$$

であって内容は (17) 式と同様である。

(4.3) 横軸磁束による電気誤差

(a) 横軸磁束発生原因 磁束密度は一般に (5) 式で表わされるが、 b_{ij} および b_{ij}' は主磁束と直角方向の成分で、これによっても電気誤差を生ずる。この横軸磁束を生ずる原因としては、形状誤差、二次電流、うず電流、インピーダンス不平衡などが考えられるが、二次電流によるものはいまの場合負荷が高抵抗の測定器であるから無視する。うず電流によるものは、固定子鉄心のうず電流損の分布が軸に対して一様でない場合に問題となるが、これを等価的に第6図のように、ピッチが β_s なる一つのコイルが γ_s の位置にあるものと考えることにより、主磁束と直角方向に磁束成分を生ずることがわかる。すなわち主磁束は (6) 式の a_{11} 成分だけとし、これによって生ずる磁束を求めると、同相の横軸磁束 ϕ_{q1} は



第6図 鉄損分布の不均一に対する等価回路

第6図 鉄損分布の不均一に対する等価回路

$$\phi_{q1} = - \frac{4\pi a_{11} \omega \sin \frac{1}{2} \beta_s \sin \delta_{s1} \sin 2(\gamma_s - \theta_0)}{R_s \sqrt{r_{s1}^2 + x_{s1}^2}} \times \sin \omega t \dots\dots\dots (24)$$

直角位相の横軸磁束 ϕ_{q1}' は

$$\phi_{q1}' = - \frac{4\pi a_{11} \omega \sin \frac{1}{2} \beta_s \cos \delta_{s1} \sin 2(\gamma_s - \theta_0)}{R_s \sqrt{r_{s1}^2 + x_{s1}^2}} \times \cos \omega t \dots\dots\dots (25)$$

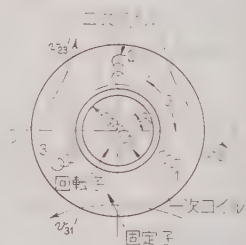
となる。ここで R_s は横軸磁束に対する磁気抵抗、

r_{s1} , x_{s1} は第6図のうず電流損を表わす短絡コイルの基本波に対する抵抗とリアクタンス、 $\delta_{s1} = \tan^{-1}(r_{s1}/x_{s1})$ である。 ϕ_{q1} は回転子の位置 θ_0 によって変わるから、(27) 式または (44) 式で示されるように電気誤差の原因となる。また直角位相成分 ϕ_{q1}' も生ずるので前述のように残留電圧の原因にもなる。なお制御変圧機の場合は一次電流によって生ずる主磁束の方向を θ_0 とすればよい。また回転子内の鉄損分布はこの場合問題にならない。

ギャップ面におけるだ円や偏心、鉄心の磁気異方性、一次の三相巻線各相のインピーダンス不平衡なども横軸磁束を発生するが、これらについては発信機と制御変圧機とに分けて次に検討する。

(b) 発信機の場合 横軸磁束の空間高調波についてはさきに述べた主磁束の場合から推定できるので、ここでは基本波だけを考えることにする。

磁束密度は (6) 式で表わされるから第7図より二次各相の誘起電圧は次のようになる。



第7図 発信機の符号の取り方

$$v_{s1}' = 2\sqrt{3} K_1 \frac{d}{dt} \left\{ \sin \theta_0' \left(\sum_{i=1}^{\infty} a_{1i} \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} a_{1i}' \cos i\omega t \right) - \cos \theta_0' \left(\sum_{i=1}^{\infty} b_{1i} \sin i\omega t + \sum_{i=1}^{\infty} b_{1i}' \cos i\omega t \right) \right\}$$

$$v_{12}' = \text{上式の } \theta_0' \rightarrow \theta_0' + \frac{4}{3} \pi$$

$$v_{23}' = \text{上式の } \theta_0' \rightarrow \theta_0' + \frac{2}{3} \pi$$

$$\dots\dots\dots (26)$$

これより電気誤差を求めると (3), (4) 式より

$$\varepsilon \approx b_{11} / a_{11} \dots\dots\dots (27)$$

となる。零メータの代わりに電圧計を用い、その実効値を最小にさせる角度を求めても結果は同様で、 b_{11}' だけでは誤差を生じない。上式より電気誤差は横軸磁束分布の基本波のうち、基準主磁束と時間同位相成分が回転子の回転に伴って変動する値で定まるから、以下それぞれの場合にこれがどのようになるかを計算した。ただし鉄心飽和の影響は考えず、また時間高調波も最初から除外することにした。

第7図においてギャップの任意の位置 θ' における起磁力 F は次式で表わされる。

$$F = AI \left\{ \sum_{j=1}^{\infty} M_j \sin j(\theta' - \theta_0') + \sum_{j=1}^{\infty} M_j' \cos j(\theta' - \theta_0') \right\} \dots\dots\dots (28)$$

ここで A は定数、 I は一次電流実効値、 $M_j(M_j')$ は直(横)軸方向に起磁力の第 j 次空間高調波成分を生じさせる一次巻数成分である。次に磁路の単位角あたりの磁気抵抗を R とすると R は一般に θ' 、 θ_0' の関数となる。回転子位置が θ_0' のときの θ' における単位角あたりの磁束密度を b とすると

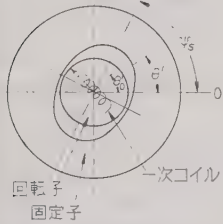
$$b = F / R \dots\dots\dots (29)$$

一方一次電圧を V_1 として一次漏れインピーダンス降下を無視すると

$$V_1 \propto \int_{\theta_0'}^{\theta_0' + 2\pi} b \left\{ \sum_{j=1}^{\infty} M_j \sin j(\theta' - \theta_0') + \sum_{j=1}^{\infty} M_j' \cos j(\theta' - \theta_0') \right\} d\theta' \dots\dots\dots (30)$$

であるから、一次巻線の分布状態、ギャップの寸法変化などから磁束密度の分布がわかり、電気誤差を知ることができるが、主起磁力分布によるものは

(4・2)節(a)に述べたので、ここでは起磁力分布は基本波だけとしギャップ面のだ円、偏心についてだけ考える。なお出入磁束量が等しいという条件は起



第8図 固定子内径だ円

磁力に含めて計算した。

(i) 固定子内径のだ円 起磁力は上述より

$$F = AIM_1 \sin(\theta' - \theta_0') \dots\dots\dots (31)$$

であり、磁気抵抗は簡単に

$$R = R_0 + R_{s2} \cos 2(\theta' - \psi_s) \dots\dots\dots (32)$$

と表わすことにする。ただし ψ_s はだ円の長軸が座標軸となす角である。(第8図)

$$R_{s2} / R_0 \equiv \mu_{s2} \dots\dots\dots (33)$$

とおき、(以下同様) $\mu_{s2} \ll 1$ として (29)~(33) 式より

$$I \propto 1 - \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos 2(\theta_0' - \psi_s) \dots\dots\dots (34)$$

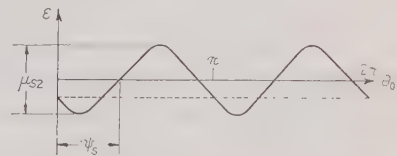
を得るから (29)、(31) 式より $(\theta' - \theta_0')$ の関数として磁束密度を求めると、

$$\begin{aligned} b \propto & \left\{ 1 - \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos 2(\theta_0' - \psi_s) \right\} \\ & \times \left[\left\{ 1 + \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos 2(\theta_0' - \psi_s) \right\} \sin(\theta' - \theta_0') \right. \\ & + \frac{1}{2} \mu_{s2} \sin 2(\theta_0' - \psi_s) \cos(\theta' - \theta_0') \\ & - \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos 2(\theta_0' - \psi_s) \sin 3(\theta' - \theta_0') \\ & \left. - \frac{1}{2} \mu_{s2} \sin 2(\theta_0' - \psi_s) \cos^3 3(\theta' - \theta_0') \right] \end{aligned} \dots\dots\dots (35)$$

となるから電気誤差 ε をきわめて小さいとすると、(6)式および (27) 式より

$$\varepsilon \approx \frac{1}{2} \mu_{s2} \sin 2(\theta_0 - \psi_s) \dots\dots\dots (36)$$

を得、第9図のように二次高調波の誤差曲線になることがわかる。誤差測定の際は最初を零にするのが普通



第9図 固定子内径だ円による二次誤差

であるから実際は点線を基準として測られる。なおこれは鉄板の透磁率に方向性がある固定子の磁気抵抗が一樣でなく、方向によって異なる場合についても同様で寸法変化によるものと一体になってあらわれる。回転子を1回転させたときの一次無負荷励磁電流の変化率を $\Delta I / I$ とすると (34)、(36) 式より最大電気誤差幅も $\Delta I / I$ (rad) となる。回転子が突極の場合は磁極弧の角度を γ とし、その間の起磁力は一定として電流変化を求めると

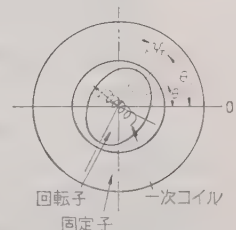
$$I \propto 1 - \mu_{s2} \cos 2(\theta_0' - \psi_s) \sin \gamma / \gamma \dots\dots\dots (37)$$

となるから、たとえば $\gamma = \pi/2$ のときは最大電気誤差幅は約 $0.8 \Delta I / I$ (rad) となる。

この関係によって、電流変化率を測れば事前に固定子の良否を判定することができる。

(ii) 回転子外径のだ円 起磁力は (31) 式

であるが磁気抵抗は

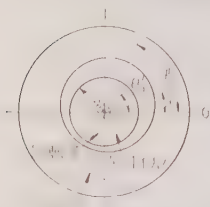
$$R = R_0 \{ 1 - \mu_{r2} \cos 2(\theta' - \theta_0' - \psi_r) \} \dots\dots\dots (38)$$


第10図 回転子外径だ円

で表わされるものとする。(第10図) $\Xi(i)$ と同様に
して磁束密度を求めると

$$b \propto \left(1 - \frac{1}{2} \mu_{r2} \cos 2\psi_r\right) \sin(\theta' - \theta_0') + \dots \dots \dots (39)$$

となり横軸分は回転角に無関係から誤差を生じない。回転子が突極の場合はこれに相当する。



第11図
固定子内径偏心

(iii) 固定子内径の偏心
第11図より磁気抵抗は

$$\mathcal{R} \propto 1 + \mu_{s1} \cos(\theta' - \psi_s) \dots \dots \dots (40)$$

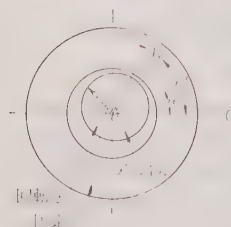
と考えられるから上と同様に計算するとこの場合の電気誤差は次のようになる。

$$\varepsilon \approx \frac{1}{4} \mu_{s1}^2 \sin 2(\theta_0 - \psi_s) \dots \dots \dots (41)$$

(iv) 回転子外径の偏心 磁気抵抗の分布を

$$\mathcal{R} \propto 1 - \mu_{r1} \cos(\theta' - \theta_0' - \psi_r) \dots \dots \dots (42)$$

とおくことにより同様に計算できるが、この場合は誤差にならない。



第12図 回転子外径偏心

(c) 制御変圧機の場合 θ_0 を校正された発信機の回転子角、すなわち理想的な場合での制御変圧機の合成起磁力の方向とし、 θ_0' を制御変

圧機の回転子角とすると、(第5図参照) (5) 式で表わされる磁束密度分布を有する制御変圧機の電気誤差 ε は $\varepsilon \ll 1$ として

$$\varepsilon \approx - \frac{\sum_{j=1}^{\infty} (K_{w2} b_{1j} \sin \frac{1}{2} j\pi) / j}{K_{w1} a_{11}} \dots \dots \dots (43)$$

となるが、簡単のため基本波分だけを考えたと

$$\varepsilon \approx -b_{11} / a_{11} \dots \dots \dots (44)$$

となり、発信機と同様、横軸磁束の変動が電気誤差を生ずることになる。

発信機の回転子角 θ_0 に対して制御変圧機一次各相に加わる電圧は (1) 式で表わされると考えられるから、第5図に示すように各相の入力インピーダンスを Z_1, Z_2, Z_3 とすると、各相入力電流実効値は次のよ

うになる。

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V_{2m} \sin \theta_0}{Z_3 + Z_1} - \frac{V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{4}{3} \pi \right)}{Z_1 + Z_2} \\ I_2 &= \frac{V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{4}{3} \pi \right)}{Z_1 + Z_2} - \frac{V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{2}{3} \pi \right)}{Z_2 + Z_3} \\ I_3 &= \frac{V_{2m} \sin \left(\theta_0 + \frac{2}{3} \pi \right)}{Z_2 + Z_3} - \frac{V_{2m} \sin \theta_0}{Z_3 + Z_1} \dots \dots \dots (45) \end{aligned}$$

一方、各相起磁力分布は次式で表わされるものとする。

$$\begin{aligned} F_1 &= A I_1 M_1 \sin \left(\theta' + \frac{2}{3} \pi \right) \\ F_2 &= A I_2 M_1 \sin \theta' \\ F_3 &= A I_3 M_1 \sin \left(\theta' + \frac{4}{3} \pi \right) \dots \dots \dots (46) \end{aligned}$$

漏れインピーダンスを無視すると

$$\begin{aligned} I_1 Z_1 &\propto \int_{-\frac{2}{3}\pi}^{\frac{4}{3}\pi} F_1 M_1 \sin \left(\theta' + \frac{2}{3} \pi \right) / \mathcal{R} \cdot d\theta' \\ I_2 Z_2 &\propto \int_0^{2\pi} F_2 M_1 \sin \theta' / \mathcal{R} \cdot d\theta' \\ I_3 Z_3 &\propto \int_{\frac{2}{3}\pi}^{\frac{8}{3}\pi} F_3 M_1 \sin \left(\theta' + \frac{4}{3} \pi \right) / \mathcal{R} \cdot d\theta' \dots \dots \dots (47) \end{aligned}$$

であるから、この式から各相インピーダンスを求め、これと (45)、(46)、(21)、(29)、(44) の各式よりそれぞれの場合の横軸磁束による電気誤差を求めることができる。

(i) 固定子内径のだ円 起磁力分布は (46) 式、磁気抵抗は (32) 式であるから順次計算すると

$$\begin{aligned} Z_1 &\propto 1 + \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos \left(2\psi_s + \frac{4}{3} \pi \right) \\ Z_2 &\propto 1 + \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos 2\psi_s \\ Z_3 &\propto 1 + \frac{1}{2} \mu_{s2} \cos \left(2\psi_s + \frac{2}{3} \pi \right) \dots \dots \dots (48) \end{aligned}$$

$$F \propto \sin(\theta' - \theta_0) - \frac{1}{8} \mu_{s2} \sin(\theta' + \theta_0 - 2\psi_s)$$

$$\varepsilon \approx - \frac{3}{8} \mu_{s2} \sin 2(\theta_0 - \psi_s) \dots \dots \dots (49)$$

固定子鉄心の透磁率の異方性もこれに含まれる。また回転子励磁電流から誤差を推定することができる。

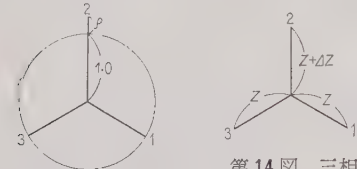
(ii) 回転子外径のだ円 起磁力は (46) 式, 磁気抵抗は (38) 式として計算されるが誤差は生じない。

(iii) 固定子内径の偏心 磁気抵抗を (40) 式として計算されるが, この場合と次項の場合には起磁力分布に横軸二次高調波分が含まれるときは磁束分布に横軸基本波分を生じこれによる誤差を生ずる。 ν を横軸二次高調波起磁力の主起磁力基本波に対する比とする

$$\varepsilon \approx \frac{1}{4} \mu_{s1} \nu \cos(2\theta_0 + \psi_s) - \frac{3}{16} \mu_{s1}^2 \sin 2(\theta_0 - \psi_s) \dots\dots\dots (50)$$

となる。一次毎相のコイル数が奇数の場合にはこのようになることが多い。

(iv) 回転子外径の偏心 磁気抵抗は (42) 式であるが, この場合も前項のように起磁力分布が非対称の場合にだけ誤差を生じ次のようになる。



第 13 図 三相誘起
電圧不平衡

第 14 図 三相
インピーダンス
不平衡

$$\varepsilon \approx \frac{1}{4} \mu_{r1} \nu \sin(3\theta_0 + \psi_r) \dots\dots\dots (51)$$

(4.4) 三相巻線不平衡による電気誤差

(a) 発電機の場合 二次誘起電圧の大きさが各相等しくない場合で第 13 図のように 1 相の人電圧が ρ だけ異なるものとする, 二次誘起電圧は次のようになる。

$$\begin{aligned} V_{s1}' &= V_2' \sin \theta_0' \\ V_{12}' &= V_2' \left\{ \sin \left(\theta_0' + \frac{4}{3} \pi \right) + \frac{1}{\sqrt{3}} \rho \cos \theta_0' \right\} \\ V_{23}' &= V_2' \left\{ \sin \left(\theta_0' + \frac{2}{3} \pi \right) + \frac{1}{\sqrt{3}} \rho \cos \theta_0' \right\} \end{aligned} \dots\dots\dots (52)$$

これより*

$$\varepsilon \approx -\frac{1}{3} \rho \sin 2\theta_0 \dots\dots\dots (53)$$

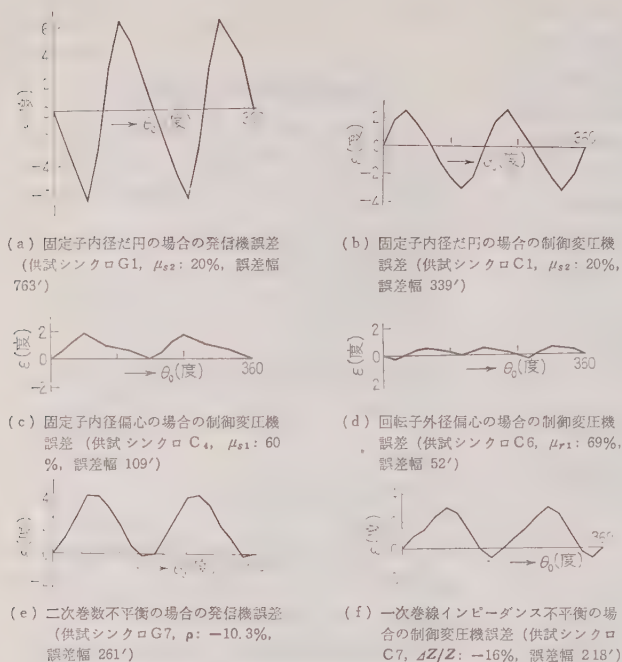
を得る。二次電圧 90V のシンクロでは二次電圧不平衡 0.2V がほぼ $\rho=0.5\%$ となり, このとき最大電気誤差幅約 11' を生ずることになる。

(b) 制御変圧機の場合 上と同様巻数の違いなどによるもので, この場合は第 14 図のように, 一次インピーダンスが 1 相のみ ΔZ だけ異なっているとすると

第 1 表 実験結果一覧

供試シンクロ 番	条 件	最大電気誤差幅 (括弧は増加分)	変形 1%あたりの 最大電気誤差幅の 増加	計算による 左項の値	備 考
発 信 機	G 1 固定子内径のだ円 $\begin{cases} \mu_{s2}=20\% \\ \psi_s=90^\circ \end{cases}$	763' (748')	38'	34'	突極回転子 $\Delta I/I=26\%$
	G 2 " $\begin{cases} \mu_{s2}=36\% \\ \psi_s=140^\circ \end{cases}$	907' (888')	25'	"	$\Delta I/I=28.2\%$
	G 3 回転子外径のだ円 $\begin{cases} \mu_{r2}=120\% \\ \psi_r=45^\circ \end{cases}$	73' (43')	0.4'	0	
	G 4 固定子内径偏心 $\begin{cases} \mu_{s1}=50\% \\ \psi_s=-90^\circ \end{cases}$	182' (158')	3.6'	9'	突極回転子
	G 5 回転子外径偏心 $\begin{cases} \mu_{r1}=33\% \\ \psi_r=90^\circ \end{cases}$	44' (25')	0.8'	0	"
	G 6 " $\begin{cases} \mu_{r1}=66\% \\ \psi_r=-45^\circ \end{cases}$	49' (19')	0.3'	"	
	G 7 二次巻数不平衡 $\rho=-10.3\%$	261' (246')	24'	24'	突極回転子 第 3 相の巻数を減らした。
制 御 変 圧 機	C 1 固定子内径のだ円 $\begin{cases} \mu_{s2}=20\% \\ \psi_s=90^\circ \end{cases}$	339' (328')	17'	26'	突極回転子 $\Delta I/I=26\%$
	C 2 " $\begin{cases} \mu_{s2}=31\% \\ \psi_s=140^\circ \end{cases}$	473' (454')	15'	"	突極回転子 $\Delta I/I=33\%$
	C 3 回転子外径のだ円 $\begin{cases} \mu_{r2}=120\% \\ \psi_r=135^\circ \end{cases}$	35' (17')	0.1'	0	
	C 4 固定子内径偏心 $\begin{cases} \mu_{s1}=60\% \\ \psi_s=-90^\circ \end{cases}$	109' (87')	1.8'	8'	$\nu=3.3\%$
	C 5 " $\begin{cases} \mu_{s1}=50\% \\ \psi_s=-90^\circ \end{cases}$	281' (259')	5.6'	6'	突極回転子 $\nu=3.3\%$
	C 6 回転子外径偏心 $\begin{cases} \mu_{r1}=69\% \\ \psi_r=-135^\circ \end{cases}$	52' (28')	0.4'	0.6'	$\nu=3.3\%$
	C 7 一次巻線インピー ダンス不平衡 $\Delta Z/Z=-16\%$	218' (200')	12.5'	11'	突極回転子 第 3 相の巻数を減らした。

注 1. 供試シンクロの形名は 23TX6, 23CT6, 1NMS, 1HCT である。
2. キャップの長さは 0.075—0.2mm である。
3. 突極回転子は $\gamma=\pi/2$ である。



第 15 図 変形を与えたシンクロの電気誤差

$$\varepsilon = \frac{1}{6} \frac{dZ}{Z} \sin 2\theta_0 \dots \dots \dots (54)$$

となる。

5. 実験結果

上に述べた形状誤差や巻線不平衡と電気誤差の関係を実験的に確かめるために、これらの原因をわざと誇張させ原因別に分けて誤差を測定した。実験結果を第 1 表にまとめ、そのうちのいくつかの誤差曲線を第 15 図に示した。

回転子外径の偏心、だ円はその外径を加工し、固定子内径の偏心はその外径を研削して小さくし、組み立ての際にその分だけ内径が偏心するようにした。固定子内径のだ円は固定子を外側から一方向にわずかに押しつぶして内径に変形を与えたものである。また巻線の不平衡は巻数を 1 相だけ (第 3 相) 減らして巻いたものを作った。普通に使われているシンクロ、すなわちこの場合の変形前のシンクロの固定子、回転子内外径の偏心だ円は値が微小なためと、鉄板の積み重ねによる凹凸のために測定がかなり困難であるが、非円性の中ではだ円形の傾向がもっとも多く、ここに使用した内径 25.4 mm の固定子では長短径の差として 10 μ 程度以下であったから、ギャップの長さに対する変動分 μ_{s2} はおよそ 1% となる。一方 4 章の計算および

第 1 表の結果からも回転子の形状誤差はほとんど電気誤差に影響しないことがわかるから、固定子内径に変形を与えた場合は、測定された電気誤差の値を、回転子および巻線に変形、不平衡を与えた場合には変形前の電気誤差を差し引いた値をもって、実験的に変形させたそれぞれの条件に起因する電気誤差に相当するものと考えた。

実験の結果は、固定子内径のだ円性と巻線不平衡の影響がもっとも大きく、これにくらべて他はほとんど問題にならない程度で、計算結果がほぼ妥当なものであることを示している。制御変圧機の場合は比較の数値の開きが大きい、これは一次三相巻線間の相互誘導を無視したことによるものと考えられる。また突極回転子のものはそれだけでは誤差の原因にならないが、他の形状誤差と組み合わせられると誤差が増えていることからみて、若干の相乗効果があるようである。これらを含

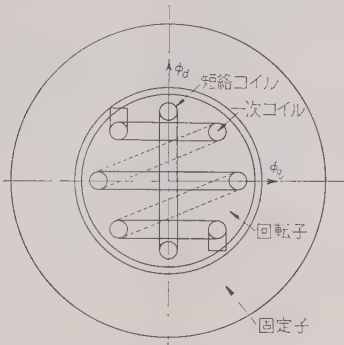
めて考えることは計算を複雑にし、基本的な関係のはあくを困難にすることをおそれて本論では省略したが、電気誤差曲線の形、最大電気誤差の値、電流変化との関係などが、計算結果とほぼ一致していることから、横軸磁束と電気誤差に関する前章までの所論は裏づけられたものと考えられる。実用のシンクロの最大電気誤差幅としては 10~20' 程度以下であることが望まれるが、加工精度だけを考えると上の結果から固定子内径の加工誤差は長短径の差で表わしてギャップの長さの 1~2% 以下にしなければならない。さらに鉄心材料の磁気的異方性の影響も相当大きい。したがってこれまでの解析から当然次に述べるように短絡コイルを設けて、直接原因である横軸磁束を打ち消させる方法が考えられる。

なお残留電圧も変形、不平衡によってきわめて小さくなるがここでは省略した。

6. 対策

磁束分布または起磁力分布の高調波によって生ずる電気誤差は (17), (23) 式より明らかなように、各高調波に対する各巻線係数を充分小さくするか、あるいは巻線分布、磁極の形を適当に設計して起磁力の高調波成分を小さくすればよい。これらについては文献 (1) (2) などに論じられている。横軸磁束によるものは発

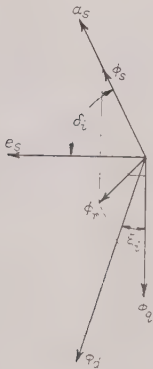
信機の場合は一次コイルと直角方向に短絡コイルを設け、制御変圧機の場合は二次コイルと同軸に短絡コイルを巻くことにより打ち消させうるから、これにより電気誤差および残留電圧を改善することができる。この場合残留電圧と電気誤差では原因となる横軸磁束の時間位相が同一でないため、一つの短絡コイルで両方とも最善の状態にさせることはむずかしい。発信機の場合について第 16 図のように巻線し、短絡コイルは全節集中巻とすると (6) 式より



第 16 図 短絡コイルの関係位置

$$\phi_q = \sum_{i=1}^{\infty} i \phi_{qi} \sin(i\omega t + \xi_i) \quad \dots\dots\dots (55)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{ただし } \phi_q &= 2\sqrt{b_{1i}^2 + b_{1i}'^2} \\ \xi_i &= \tan^{-1}(b_{1i}'/b_{1i}) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (56)$$

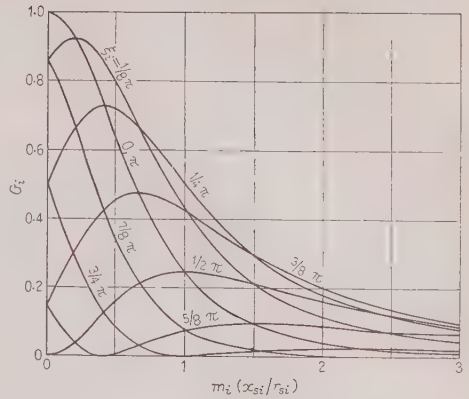


第 17 図 短絡コイル諸量のベクトル図 $(\delta_i - \tan^{-1} \frac{x_{si}}{r_{si}})$

$$x_{si}/r_{si} \equiv m_i \quad \dots\dots\dots (57)$$

とおくと、短絡コイルによって打ち消された後の横軸磁束 ϕ_r は次式で表わされる。

$$\phi_r = \sum_{i=1}^{\infty} i \phi_{qi} \frac{1}{1+m_i^2} (m_i \sin \xi_i + \cos \xi_i) \sin i\omega t$$



第 18 図 短絡コイルの x_{si}/r_{si} に対する横軸磁束の時間同相分比率

$$+ \sum_{i=1}^{\infty} i \phi_{qi} \frac{1}{1+m_i^2} (\sin \xi_i - m_i \cos \xi_i) \cos i\omega t \quad \dots\dots\dots (58)$$

右边第 1 項は主磁束と同相であるから、横軸磁束による電気誤差を考える場合にはこれが小さくなるように m_i を定めればよい。

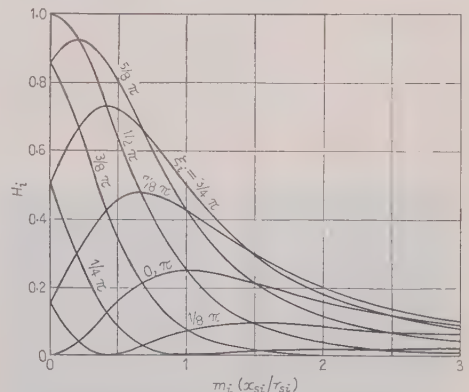
$$\{(m_i \sin \xi_i + \cos \xi_i)/[1+m_i^2]\}^2 \equiv G_i \quad \dots\dots\dots (59)$$

においてこれを図示すると第 18 図のようになる。

一方、右边第 2 項は主磁束と時間位相が 90° 異なる成分であるから、(14) 式より残留電圧を零にするにはこれを零にしなければならない。

$$\{(\sin \xi_i - m_i \cos \xi_i)/[1+m_i^2]\}^2 \equiv H_i \quad \dots\dots\dots (60)$$

において第 19 図にこれを図示した。通常のシンクロでは $m_i < 1.0 \sim 1.5$ であるから $b_{1i}' < b_{1i}$ の場合は残留電圧の基本波を零にすることはできない。残留電圧の実効値は (11) 式より

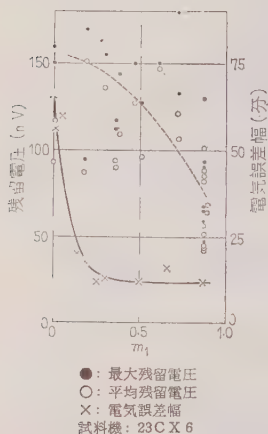


第 19 図 短絡コイルの x_{si}/r_{si} に対する横軸磁束の時間直角分比率

$$V_{2min} \approx \frac{K_1 \omega}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} i^2 \phi_q^2 (G_i + H_i)}$$

$$= \frac{K_1 \omega}{\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} \frac{i^2 \phi_q}{1 + m_i^2}} \dots \dots \dots (61)$$

で表わされるから m_i をできるだけ大きくすればよい。



第 20 図 短絡コイルによる
残留電圧と電気誤差の減少例

いる。

制御変圧機についても同様であるが、この場合は同期トルクを生じ、また回転子を回すと電流が大きく変動するなどのややつごうの悪い点を生ずる。しかし常に同期位置で使うような場合にはさしつかえない。

加工精度を上げて横軸磁束の発生を防ぐために最近では固定子内径とケースの軸受穴とを一体に加工する方法もとられつつある。また鉄板の透磁率は一般に方向性があるが、これに対しては鉄板の積み重ねに際して 1 枚ずつ適当な角度をずらす方法によりある程度は打ち消すことができる。

い。電気誤差についても、二次誤差が大きく、短絡コイルを必要とする場合には δ は零度の付近と考えられるから、一般に m_i はできる限り大きくしたほうがよいことになる。第 20 図の実験データによっても、残留電圧はかなりばらつきが多いが、電気誤差に対しては顕著な効果を示して

電源波形や鉄心の飽和による時間高調波は残留電圧を増大させる誘因となるから、これらを改善することも有効であることはもちろんである。

7. 結 言

以上シンクロの残留電圧と電気誤差の全般について考察し、特にギャップの長さの不均一や三相巻線の不平衡と電気誤差の関係を解析した。またこれらについて原因を誇張したシンクロを作って実験し計算の裏づけを行った。代表的な場合を大まかに扱ったにすぎないが、固定子内径のだ円変形と固定子鉄心の磁気異方性をもっとも有害で、寸法誤差に対する電気誤差の割合は他の原因にくらべて格段に大きく、二次の誤差曲線になることがわかった。また、このような低次の電気誤差は、残留電圧と時間位相は異なるが、ともに横軸磁束の存在が原因であることを明らかにし、これらを改善する一方法として、主磁束と直角方向に x/r の大きな短絡コイルを設けることを提案し、実験からもその効果を確かめた。

最後に本研究全般について適切な助言をいただいた当社の鈴木部長、困難な寸法測定を心よく引受けて下さった小池主任、実験機の製作にご協力いただいた涌井課長をはじめ多くの方々に深く感謝の意を表する。

なお本実験で使用したシンクロはすべて東京計器製造所製のものである。(昭和 35 年 7 月 28 日受付, 同 36 年 3 月 2 日再受付)

文 献

- (1) R. A. Heartz & R. M. Sounders: *Appl. and Industr. No.* 22, 421 (1956)
- (2) 特許公報 昭 26-6063
- (3) J. E. Gibson & F. B. Tuteur: *Control System Components* p. 220 (1958)
- (4) MIL-S-20708: *Synchros 60 and 400 Cycles General Spec.* (1958)

製品
紹介

振動子インピーダンス直視装置 (DRZ 10 型)

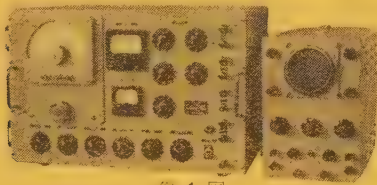
安藤電気株式会社

1. 概 説

磁歪振動子やチタバリ振動子などの電気音響変換素子は、その機械的な共振特性が電気的な測定値によって検討でき、このため古くより振動子に対し Free impedance の測定が行われてきました。ここに紹介する振動子インピーダンス直視装置 (DRZ-10 型) もこうした目的に使用される測定器の一つであります。

本装置は測定が自動化されているため、1回の測定に要する時間が従来の“時”単位から“秒”単位に短縮され、さらに測定して得られる結果がブラウン管オシロスコープの螢光面上に直視できるので、測定の単純化および能率化の点できわめて大きい利点をもっています。

構成は第1図に示すとおり測定部と観測部の2部分よりなり、その動作、性能および特徴はそれぞれ下記のとおりであります。



第1図

2. 動 作

測定部に内蔵する掃引発振器が連続して変化する周波数の電流を被試験振動子に与えます。この電流は周波数に関係なく一定の大きさをもっていますから、このとき被試験振動子の端子に生ずる電圧はインピーダンスの大きさに比例した大きさを示します。本装置はこの電圧を上記電流と同位相の成分と、90度位相を異にする成分に分け、それぞれをブラウン管オシロスコープの横軸および縦軸に与えて、R-X面をブラウン管の螢光面上に形成するもので、これによりもし振動子が特定の周波数で共振を起すと、この機械的現象が電気的なインピーダンス測定値に反応し、これが円形の図形となってブラウン管上に現われます。したがってこの円形図形の存在とその大きさから、共振周波数とその共振の鋭敏さを簡単に直視することができます。

3. 性 能

- (1) インピーダンス測定範囲 0~50 Ω , 0~500 Ω
0~5,000 Ω 3段切換
- (2) 位相角測定範囲 $0 \pm 90^\circ$
- (3) 測定周波数 0.1~1 kc, 0.4~4 kc, 1.5~15 kc, 6~60 kc, 1.6~100 kc 5段切換え

- (4) 掃引速度 上記5バンドとも全巾掃引に要する時間は約1分間。

ただし周波数掃引の上限および下限が任意に外部から設定できるので、これにより掃引時間も掃引巾に比例して短くすることができます。

- (5) 周波数マーカー 1点
- (6) 消費電力 測定部 約 150 VA
観測部 約 80 VA
- (7) 電 源 AC 100 V, 50/60 c/s

4. 特 長

- (1) 測定が能率化されている

従来の測定法では、周波数をステップ状に変え、その都度ブリッジバランスをとっていたので、測定時間を比較的長く要した。本装置はこれを周波数の自動掃引および自動測定、ブラウン管上での直視で能率化し、従来の“時”単位の測定を“秒”単位の測定に縮めている。

- (2) 微弱な共振現象も見逃がない

周波数の連続掃引により共振点の見逃しがなくなった。従来は測定周波数選定の細さによっては、微弱な共振の見逃しのおそれがあった。

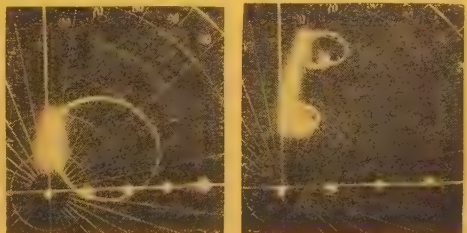
- (3) 測定者に与える精神的負担が軽減された。

共振点の見逃しを防ぐためには周波数選定の細さが問題になり、これがひいては測定者にかんがりの精神的負担を負わしていた。本装置ではこれが完全に除かれている。

- (4) 測定が簡易になり、また正確な結果が得られる。

5. 適 用 例

DRZ-10 型は磁歪振動子をはじめ、送話器や受話器など一般の音響機器に付し使用でき、さらにその周波数範囲、インピーダンス範囲を広めることにより水晶共振子の試験にも使用が可能です。第2図は本装置により、磁歪振動子を測定した結果の1例であります。



第2図

製品
紹介

アルミめっき鋼線

住友電気工業株式会社

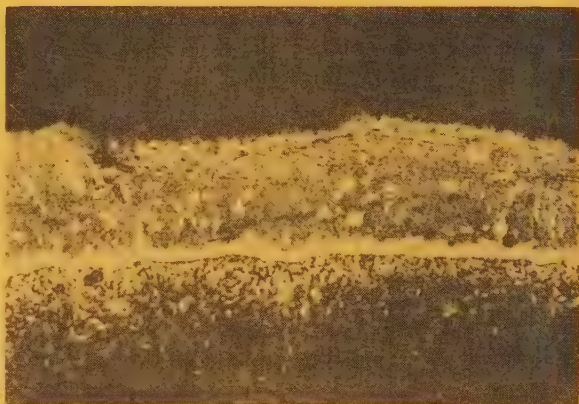
弊社では最近、鋼線の防食保護のため、鋼線の表面にアルミをめっきした「アルミめっき鋼線」の製品化に成功しましたので、ここにその概要を御紹介いたします。

1. 製 法

溶融アルミの中に適当前処理をほどこした鋼線を通す、いわゆる hot-dip 法により製造するものであります。

2. 金属学的構造

アルミめっき鋼線の断面写真を第1図に示します。表面の層は純アルミ、内部は鋼で、その中間に合金層（主として FeAl_3 ）が存在しています。



第1図 アルミめっき線の断面

3. 特 長

アルミめっき鋼線は、つぎに述べる特長をもっております。

(a) 優れた耐食性 亜鉛めっき・アルミめっきともにそれぞれのイオン化によって鋼の保護を行ないますが、アルミめっきの場合は、これに加えてアルミ表面の酸化アルミ皮膜が、亜鉛めっきの場合の酸化亜鉛の皮膜よりも強じんで、耐食性が強く、密着力も大きい。さらに ACSR を考えると、アルミめっき鋼線は亜鉛めっき鋼線と異なり、外側のアルミ素線にはぜんぜん電気化学的作用を及ぼしません。

各種耐食試験の一例を第1表に示します。大気中ではアルミめっきの耐食性は、概括的にいって亜鉛めっきの5～10倍であります。

(b) 優秀な耐熱性 アルミめっき鋼線は、高温に加熱された場合、強度劣化や腐食度が亜鉛めっき鋼線より小さく優れています。

(c) その他の特性 耐振動疲労強度・圧潰試験・釣車試験・付属品引張試験・架線金具引張試験等実施いたしましたが、いずれも異常がなく、亜鉛めっきと比較して同等あるいはそれ以上の性能を示しました。

4. 用 途

以上に述べましたところから明らかなようにアルミめっき鋼線は亜鉛めっき鋼線にくらべて、耐食性が特に優れており、特に海岸地帯や亜硫酸ガスの存在する工場地帯においては、亜鉛鍍鋼線よりはるかに耐食性がよく、また高温における耐食性・機械的強度にも優っています。

従って、このアルミめっき鋼線は、ACSR の鋼心・架空地線・保護線・配電線または通信線用鋼線・メッセンジャワイヤ等にも推奨され、特に腐食性雰囲気には、その特長を十分に発揮するでありましょう。

第1表 各種耐食試験の一例

試 験 方 法	期 間	腐食量 $\frac{\text{アルミ}}{\text{亜鉛}}$		備 考
		体 積 比	重 量 比	
3% 食塩水浸漬	100 日	1/3	1/8	
5% 塩水噴霧中	250 時間	1/9	1/30	JIS Z 2371
飽和温度 SO_2 ガス中	10 日	1/3	1/8	亜鉛は3日間、アルミは7日間で完全になくなる
N/10 塩酸溶液浸漬	5 日	1/1	1/3	

製品
紹介

フ リ ー ド 線 (Flead Wire)

〔通信機器回路部品端子用はんだめっきリード線〕

藤倉電線株式会社

近時テレビ、ラジオその他通信機器類の生産増
加に伴ない、各セットメーカーにおいては、製造工
程の合理化・生産コスト削減のための量産態勢が
とられているが、これに応ずるため、抵抗器・コ
ンデンサなど部品端子用リード線の配線時におけ
るはんだ付性が非常に重視されるようになった。

当社においては、数年前よりこの種リード線の
製造並びに改良研究に意を注いできたが、このた
び画期的なめっき方式(特許出願中)の開発に成功
することができ、従来品と比較し、格段に優れた
性能を有する回路部品端子用リード線〔商品名:
フリード線(仮称)〕を完成した。

フリード線の主な特長は、下記のとおりであ
る。

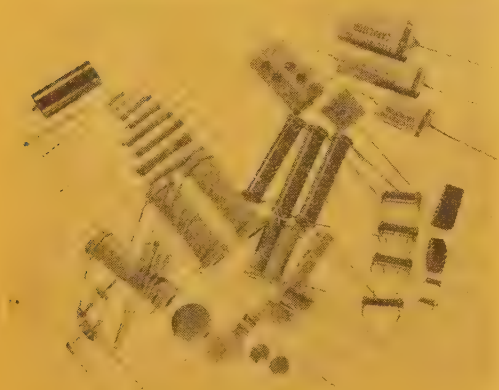
1. 端子用リード線として最も必要な性能であるは
んだ付性が、従来品にくらべ格段に優れている。
2. 部品製作工程中において、高温長時間の熱処理

フリード線 800倍 15 μ 従来品 800倍 2.5 μ

顕微鏡断面写真

が行なわれても、めっきが溶けたり著しい酸化変色を
おこさず、たとえ表面が変色するような条件下におか
れても、はんだ付性が低下するようなことがな
い。

3. 長期間の保管等によっても、従来のスズまたは
はんだめっき線のように、表面腐食やはんだ付性
の低下をおこさない。
4. めっきの合金組成は、多数の実験結果からリー
ド線として最も適するように選ばれており、標準
品のめっき厚は 10~15 μ (従来品は 1~3 μ)であ
るが、必要に応じ、いずれも調節は自由である。
5. 外観は光沢を有し、美麗である。
6. 量産に適し、価格が低廉である。



フリード線の用途例

製品
紹介

万 能 ブ リ ッ ジ (BV-Z-13 A 型)

株式会社 横河電機製作所

1. はしがき

当社ではこれまで万能ブリッジ BV-Z-103 B 型を製作していましたが、このたび外観・性能ともに大幅に改良した新型 BV-Z-13 A 型を発売することになりました。

2. 広い用途

一つの切換スイッチにより各種のブリッジに組みかえられ、次のような測定が簡単迅速にできる交流ブリッジです。

(イ) コンデンサの容量および損失の測定

(ロ) 各種抵抗器の抵抗値測定

(ハ) コイルのインダクタンスおよび実効抵抗測定

(ニ) その他各種応用測定

例 ○ 損失の小さいコンデンサの $\tan \delta$ の比較測定

○ 鉄心入り変成器の巻線比測定

○ 液体抵抗の測定(液体測定用電極と組合せて)

3. 新型 (BV-Z-13 A 型) の主な改良点

(1) 長寿命のダイヤルスイッチ

画期的な新型ダイヤルスイッチを使用しました。これは防塵型圧着接点方式で、従来のものにくらべ、はるかに寿命が長くなっています。

(2) 検出増幅器自蔵

(3) 操作のしやすい堅型構造

4. 規 格

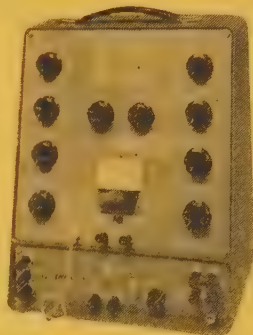
標準使用状況 温度 5~35°C, 湿度 40~80%

(イ) 分振器

分振周波数	1,000 c/s ± 50 c/s
出 力	負荷 10~1,000 Ω にて 20 mW 以上
電 圧	100 V ± 10 V 50~60 c/s

(ロ) ブリッジ

使用周波数範囲 50~10,000 c/s



測定範囲と精度 (周波数 1,000 c/s にて)

測定の種類	測定範囲	精 度
抵 抗	0.1 Ω ~1 M Ω	10 Ω ~10 k Ω にて $\pm 0.5\%$ 以下
インダクタンス	10 μ H~100 H	1 mH~10 H にて $\pm 0.5\%$ 以下
容 量	10 pF~100 μ F	0.001~10 μ F にて $\pm 0.5\%$ 以下

(ハ) 標準コンデンサ 温度 20°C, 湿度 70%
において下記の特性を有します。

容 量	許容誤差	損失係数	絶縁抵抗	耐 圧
1 μ F	$\pm 0.3\%$	1,000 c/s に°C 0.1% 以下	DC 500 V 100 M Ω 以上	DC 500 V 1 時間

(ニ) 検出増幅器 1,000 c/s (SELECT) および
FLAT 50~10,000 c/s の明確な表示を有します。

電 圧	検出増幅器 10 mV 以下 100 mV 以上
増 幅	21 周波数 (50~10,000 c/s) 0 dB 以下
電 圧	100 V ± 10 V 50~60 c/s

(ホ) 使用電源 100 V ± 10 V

(ヘ) 外観塗装 金属ケース, グレー塗装 (マン
セル N 5/0)

(ト) 外形寸法 約 280 \times 335 \times 200 mm

(チ) 重 量 約 8.8 kg

UDC 621.396.99:621.311.002.5:621.396.61/.62

電 力 用 無 線 通 信*

技術綜説

36-8

岸 本 三 郎[†] 水 谷 克 己[‡] 宗 宮 璋[‡]

1. ま え が き

電力事業では、その発電配電設備およびその他の事業所が広範囲に存在し、これらが相互に密接な関連を有するので連絡の手段としての通信設備はきわめて大切なものとなっており、ここに電力用通信なる一分野が存在し、これを目的別に分類すれば給電連絡用、保守用および一般業務連絡用の3者に大別される。しかし、過去における電力用通信回線の大部分は電力線搬送その他の有線通信方式により構成され、無線通信がわが国の電力用通信として用い始められたのは昭和26,27年以後のことである。特に昭和28年3月完工した東北電力の仙台-会津若松間の極超短波無線回線は電力用多重無線の最初のものとして特筆に価する。これは従来使われてきた電力線搬送、通信線搬送電話の周波数不足に加えて戦中、戦後ともに軍用、航空、航海、放送などに限られていた電波の使用（無線電信法および連合軍の指令によるControl of radio communication）が昭和25年に施行された電波法によって広く一般に門戸を開かれたからであり、⁽¹⁾ そのうえ戦後の無線技術の発達で電力用通信の要求によく合致したものと考えることができる。ここに無線通信の利点を他の通信方式と比較してみると次のようなものが

ある。(1) 通信回線の構成が容易である。(2) 多重回線が容易に得られる。(3) 良質の通信回線が得られる。(4) 風水害などの災害に強い。(5) 経済的に有利である。

したがって無線通信が各電力会社において競って活用されるのは当然であって、最近各社とも設備の増強、拡充に努めている。昭和34年3月現在の各社の無線局数を第1表に示す。⁽²⁾ また他の企業、官庁と比較しても電力用無線はその局数において漁業、アマチュア、運輸、警察に次ぎ第5位となっている。⁽³⁾ ここで欧米を見ると一般にヨーロッパでは公衆通信網が発達しているので電力用無線通信はそれほど普及していないが、アメリカにおいては広大な極超短波通信網を有するBPA⁽⁴⁾や移動無線と組み合わせで総合的に利用しているUnion Electric Co.⁽⁵⁾や、また極超短波回線をキャリヤリレーに大々的に利用したCommon Wealth Edison Co.⁽⁶⁾など電力用として盛んに利用されている。

わが国における電力用無線も最近単に電話用としてでなく、キャリヤリレー、テレメータ、テレコントロール、集中データ処理(IDP)方式などに総合的に利用され始め、このため通信回線に高い信頼度、安定度が要求されてきている。また設備の増強とともに周波数の不足をきたし、新しい通信方式あるいは新しい

第1表 電力会社の無線局数

種 別	通 話 別	北海道	東北	東京	中部	北 陸	関 西	中 国	四 国	九 州	電 発	計
短波および 中 波	単 通 送受切換方式	34 (32)	14 (6)	129 (89)	74 [74]	42 (21)	9	48 (42)	85	58	13 (4)	506 (194) [74]
	同時送受信方式	2	26 (17)	—	—	6 (6)	—	—	—	—	—	34 (23)
超 短 波	単 通 送受切換方式	70 (41)	199 (65)	84	129 [104]	141 (29)	171	49 (11)	23	164	81 (37) [25]	1,111 (183) [129]
	同時送受信方式	4	4	5	—	—	2	—	—	4	6	25
	多 重 話 路	—	—	—	2	2	6	—	—	8	2	20
極超短波	単 通 送受切換方式	—	—	—	—	—	1	2 (2)	—	6	5 (5)	14 (7)
	同時送受信方式	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	多 重 話 路	24	44	56	17	8	24	14	14	24	48	273
計		134 (73)	287 (88)	274 (89)	222 [178]	199 (56)	213	113 (55)	122	264	155 (46) [25]	1,983 (407) [213]

(1) 電気事業連合会統計委員会資料による。(2) 電源開発株式会社は問合せに対する回答による。(3) () は携帯形の, [] は移動局の再掲値である。

†: 中部電力株式会社工務部通信課長, ‡: 中部電力株式会社工務部通信課副長, ‡: 中部電力株式会社工務部通信課

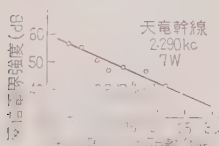
周波数帯が開発されつつあり、これと並行して各種機器のトランジスタ化も進められている。

以下これらの電力用無線の概要と最近の問題について述べよう。

2. 中短波無線

中短波帯で、現在電力用に割当てられている周波数は 2,055, 2,625, 3,705, 3,862.5 Mc の 4 波で出力は 0.5~50 W である。用途はおもに線路保守用であり、固定用、移動用、携帯用の別がある。回路方式は振幅変調が多く効率のよい終段変調が用いられ、また割当周波数が少ないため大部分はプレストーク方式を採用することを余儀なくされ、かつ混信も多く都市雑音あるいは送配電線などの雑音もこの周波数帯に対して高いスペクトラムをもっているのでだいたい使用しにくい周波数帯であり、市街地から離れた送電線保守の移動無線として用いられている。しかしこの周波数を送電線の近くで発射するときには、電波が送電線に結合し、小出力のものでも遠距離まで通信が確保できるので電力用として適切であり、また特色のある使い方ができ、実際には、(1) 保線所に基地局をおき、移動局を線路に沿って用いるもの。(2) 送電線の途中に送電線に結合するよう空中線を設けて使用するもの。(3) 電力線搬送電話と併用して同時送受話を可能にしたもの。(電搬併用方式)

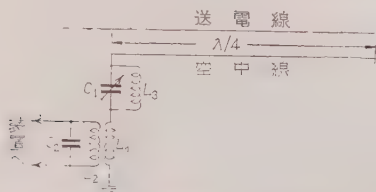
などがある。このようにして使うときの伝送損は一般に 0.2~0.8 dB/km 程度と考えられており、0.5 W 程度の出力で 15~20 km ぐらい通話が可能である。第



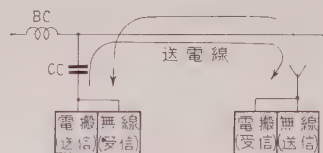
第 1 図 送電線に沿った電波伝搬特性

1 図に伝送特性の一例を、第 2 図に結合装置を、第 3 図に電搬併用方式を示す。

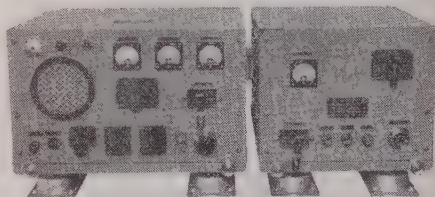
最近では携帯形などの小出力の装置のトランジスタ化が進められ、また一方、電波行政の



第 2 図 送電線への結合装置



第 3 図 電搬無線併用方式



第 4 図 SSB 中短波無線装置 (可搬形)

3. 超短波無線

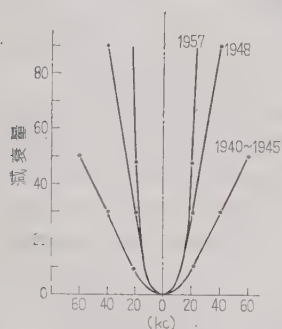
VHF 帯 (30~300 Mc) および 400 Mc 帯の通信について述べる。電力会社におけるこの周波数帯の使用方法は、(1) 固定局間の単一通話路または多重通話路回線、(2) 基地局-移動局間、移動局相互間のプレストークまたは単一通話路の同時通話回線の 2 者に大別される。前者については単一通話路のものは局地的な連絡、多重通話路のものは SSB-FM 方式で主要基地間連絡に用いられ、せいぜい 6~12 通話路の小容量回線である。以下後者のいわゆる陸上移動無線を中心に説明を進める。この周波数帯で電力用に割当てられている周波数は大部分が 150 Mc 帯である。150 Mc 帯以外には 60 Mc 帯と最近使い始められた 400 Mc 帯がある。この周波数帯で移動無線が盛んに使用される理由には、車載形には機動性があるため通信系統の構成が敏速にでき、携帯形では簡便に運搬できるため、他の通信設備をもってはかえがたい特色があり、おもな用途としては

- (1) 配電線保守工事用 外線保線用、配電線工事のためのもの。
- (2) 配電線保守工事用 営業保線用、サービス用としてパトロールするもの。
- (3) 送電線保守工事用。
- (4) 非常用、その他一般連絡用。

などで、工事期間の短縮、人員の節減、連絡の能率向上などに効果をあげ、無線局数は増加の一途をたどっている。このため周波数割当上困難をきたし、郵政省により先年割当間隔が 150 Mc 帯で 80 kc から 40 kc に、60 Mc 帯で 60 kc から 30 kc に改められたばかりである。アメリカでも 150 Mc 帯は以前から 60 kc

であったが、最近 30 kc に切り換えられつつある。このためには機器の仕様もいっそう厳格となったばかりでなく、電力会社としても選択呼出方式など運用方法にくふうをこらす一方 400 Mc 帯の開発に努めている現状である。

電力会社で使用されている VHF 無線機は周波数変調送信機で、出力は基地局で 10, 25, 50 W, 移動局(車載形、可搬形)で 5, 10, 25 W, 携帯形で 0.5 W 程度が使用されている。移動体の種類は自動車が一番多くその他航空機(ヘリコプタ)、自動二輪車に搭載している例もある。出力の差異による回路構成の差異はほとんどなく、周波数偏差を少なくし AFC の必要がないように、水晶制御による位相変調やベクトル合成変調などの等価周波数変調が用いられ、等価周波数偏差を大きくとり、SN 比改善率を増すために 60 Mc 帯で 12, 150 Mc 帯で 24, 400 Mc 帯で 36 など比較的大きな通帯を行い、また帯域幅を制限するため瞬時周波数偏差制御回路(IDC)が設けられている。



第 5 図 受信機中間周波選択度の変遷

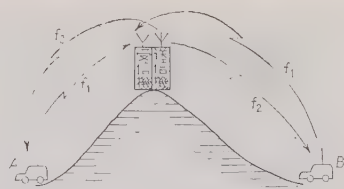
高出力用真空管の開発などで、前者に対しては AFC を、後者に対しては板極管を使うことが検討されているが、現在では双ビーム管のブッシュアップ回路によって 25 W 程度のものが得られている。

超短波無線機のトランジスタ化も着々進められ、現在のところ全トランジスタ化は困難であるが、送信機の終段出力部を除いた部分と受信機をトランジスタ化した機器が造られ、これと並行してトランジスタを用いた DC-DC 変換器を電源に使ったものが出現した。また東北電力、電源開発では山上の中継局をトランジスタ化し、太陽電池を採用している。(8)(9)

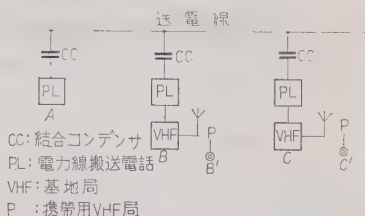
通信方式は 1 周波数を送受に共用するものと、2 周波数を用い送受を同時に行う同時送受話方式があるが、電力会社では昭和 34 年 3 月現在で前者が 1, 111 局、後者が 25 局で前者が圧倒的に多い。これはおも

周波数の割当間隔が狭小化された新規格の無線装置の一つの特色は、帯域幅の非常に狭いブロックフィルタを受信機に用いていることである。(7) (第 5 図参照)

400 Mc 帯における装置の問題点は周波数安定度と



第 6 図 VHF 移動無線中継方式の一例



第 7 図 VHF 移動無線と電力線搬送と結合した通信方式の例

に移動局用として使用する場合、少ない周波数を有効に利用でき、空中線系が簡単なことのためである。さらに広範囲のサービスエリアを確保するため、中継方式を採用したり、電力線搬送電話と結合した方式のものがある。(10) 第 6 図に示した中継方式は見通しのよい山頂に中継局を設置し、移動局 A—中継局間では周波数 f_1 を、中継局—移動局 B 間では f_2 を使用して中継を行うものである。また第 7 図は後者の一例を示したもので、電力線搬送電話端末 A, B, C 相互間は同時送受話方式であり、A, B, C と VHF 移動局 B', C' 相互間はプレストーク方式であって、いずれも音声呼出しである。この例では A, B, C 相互間では手動選択呼出しもできる。

また呼出方式についても、無線局数の増加に伴ない呼出しを効果的にするため、選択呼出方式が採用されるようになり、これにはパルス方式によるものと周波数組合せ方式によるものがあるが、(11) 雑音に対して安



第 8 図 セミトランジスタ化した携帯形 VHF 無線機



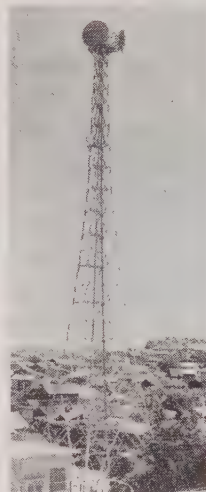
第 9 図 400 Mc 卓載形 VHF 無線機

定で装置も比較的簡単な後者が最近実用化され、パイプレーションリードによるものである。⁽¹²⁾ 第 8 図、第 9 図に超短波無線機外觀図の一例を示す。

4. 極超短波無線

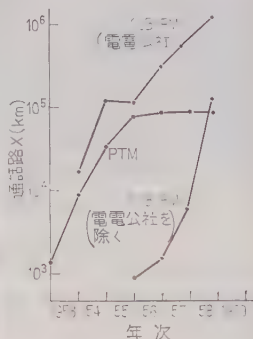
これは普通マイクロ波回線と呼ばれているものである。マイクロ波という言葉には、はっきりした定義はなく漠然と 1,000(900)~30,000 Mc 程度の周波数帯をさすものと考えてよい。この中で電力会社で使用している帯域は 1,850~1,990 Mc, 2,450~2,700 Mc, 6,575~6,875 Mc, 7,425~7,745 Mc であるが、最近では 12,000 Mc 帯の開発⁽¹³⁾がすすめられ、すでに一部運転にはいっている。前述の中短波、超短波無線がおもに移動用として使われるのに反して、この周波数帯は多重無線として本店一支店間あるいは給電所、火力発電所間のような主幹回線として使われる。したがって経済的利点、良好な特性、風水害などの災害に強いことなどの利点があるため、各電力会社ともその設備の増強に努めており、電力会社の多重無線局は昭和34年3月現在で 273 局を数えているが、今後もますます増加することであろう。極超短波多重回線は、(1)時分割(Time division)方式、(2)周波数分割(Frequency division)方式の両方式に大別される。上記の 1,850~1,990 Mc, 2,450~2,700 Mc は時分割方式として、6,575~6,875 Mc, 7,425~7,745 Mc は周波数分割方式として多く使われている。極超短波多重回線の初期にはもっぱら時分割方式であったが、最近では通話路数を多く収容する必要が生じたこと、および反射板中継に有利な周波数帯用のクライストロンの発達などによってもっぱら 7,000 Mc 帯の周波数分割方式が使われるようになった。この模様を第 11 図に示す。⁽¹⁴⁾ 中継方式としては建設および保守の点で有利なため事業所内に中継装置を置き、一方、山などの障害物がある区間では山頂などの見通しのよい場所に 1 枚あるいは 2 枚の反射板をおいた無給電中継を併用した事業所中継方式が多い。そのほか電力用として特色のある通信方式としては、電力線搬送と極超短波回線の中継方式(MPU),⁽¹⁵⁾ 簡易マイクロ方式などがあげられる。な

お最近の傾向としてトランジスタ化もすすめられ、端局装置についてはすでに完成し無線機についても着々進められている。



第 10 図 マイクロ多重無線局

(4・1) 変調方式
(a) 時分割方式⁽¹⁶⁾
連続したパルス列を多くの通話路に一定の順序で割り当て、これを時間的に切り換



第 11 図 SSB-FM と PTM の発達経過

えて通話を行う方式であり、パルスそのものの変調の方式により PAM(振幅変調), PPM(位置変調), PWM(幅変調)に分類される。さらに搬送波の変調の方法として AM, FM, PM があるので、PAM-AM, PAM-FM, PPM-AM など多くの組み合わせを生ずるが、実際には、PPM-AM, PAM-FM が使われることが多く、わが国では PPM-AM 方式が圧倒的に多い。通常の場合、PPM-AM 方式では 23 通話路、PAM-FM 方式では 48 通話路程度が通話路の限度となるので小容量回線に適する。

通話路を分離するためのフィルタが不必要なこと、非直線ひずみが漏話の原因にならないことなどの利点があるが、周波数分割方式にくらべ一般に広い帯域を必要とする欠点がある。

PPM-AM 方式ではパルス特性の良好な板極管、マグネトロンを用いた送信機が使用される。またパルスの立上がり時間を鋭くすると SN 比がよくなるので、一般に核発振器を用いる。パルス発振であるから送信機のピーク出力は大きく 30~100 W 程度のものが用いられる。PAM-FM 方式の場合の送信機は次に述べる SSB-FM 方式のものと大差ない。

(b) 周波数分割方式 各回線を周波数的に分割する方式であって、極超短波を使用すれば数十~数百通話路が収容できるだけでなく広帯域伝送も可能であり、1 通話路あたりの占有周波数帯域が PTM 方式よ

り少ないなどの利点があるが、各通話路の分離にフィルタを必要とし、非直線ひずみ、直線ひずみともに漏話の原因となる。

副搬送波の変調方法に BSB と SSB 方式があり、主搬送波の変調方法には AM, FM, PM があるので、種々の組み合わせがあるが、実際には SSB-FM 方式がほとんどである。この場合の端局の動作は搬送電話と同じであり、60~240 通話路程度の容量のものが採用されている。また反射電極の電圧を変化させることによって比較的直線性の良好な周波数変調が行われることから、送信管としてはクライストロンが多く使用され、さらに大きい出力が必要ときには進行波管によって増幅される。出力は 1~5 W 程度が普通である。

(4・2) 中継方式 中継の方法には無線装置を用いた給電方式 (Active relay system) と反射板などを用いた無給電方式 (Passive relay system) があり、電力会社では事業所には無線装置を、山の上のような建設、保守に不便なところには反射板をおいて、これらを併用した経済的な方式を採用している。これらの概要について述べよう。

(a) 給電方式—無線装置による中継装置 簡単にいえば時分割方式ではパルスの整形が必要であり、また容易にできることから検波中継方式が使用されている。周波数分割方式では多区間にわたる検波中継は非直線ひずみの点から問題なのであるが、電力会社の実情では、回線分岐の容易なことから検波中継が多く使われている。

(b) 無給電方式⁽¹⁷⁾ 電力会社でマイクロ回線が採用された当初には給電方式が用いられ、無人中継局が建設されたが、最近では山の上などには、建設費が少なく保守が容易であるうえ、電源が不要などの利点から無給電方式が採用されている。無給電方式は構造

が簡単であり、有効面積が大きくとれ、かつ調整が容易な反射板が使用される。反射板の利得は次のように表わすことができる。

$$G_r = \frac{4\pi\eta A_0 \cos\theta}{\lambda^2}$$

η : 反射板効率, A_0 : 面積 (m^2), θ : 入射角
または反射角, λ : 波長 (m)

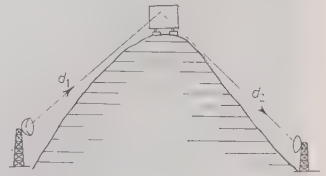
また、反射板を使用したことにより同一こう長の自由空間損に対する損失の増加は次のように表わすことができる。

$$L_r = \frac{4\pi d_1 d_2}{\eta A_0 \cos\theta}$$

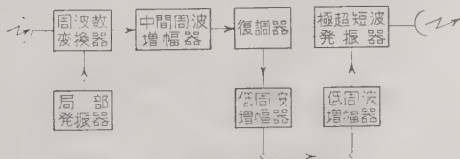
d_1, d_2 : 距離 (m)

これらの式からわかるように電波の入射角が増加するにつれて損失が急激に増加し $\theta \approx 45^\circ$ が限度であり、これ以上になる場合は 2 枚の反射板を使用しなければならない。この場合の損失の取り扱いについては厳密な解析が行われているが、近似的には 1 枚の場合とほぼ同様と考えてよい。

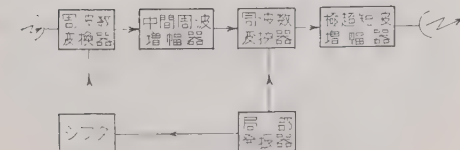
反射板の効率については、その大きさ、材質、平面度が関係するが、材質の影響はさきわめて小さく平面度についてもその位相誤差が $\lambda/16$ 以内であれば問題とならない。効率を左右するのは大きさと考えてよく、次にその大きさについては反射板の端において電界が乱さ



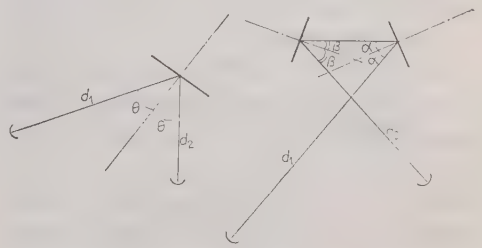
れる End effect 第 14 図 無給電中継の概念図
が無視できる程度に一辺の長さを 40λ 以上にすれば 90% 以上確保することができる。反射板の材料はアルミニウム板またはアルマイト板がもっとも多いが、風圧の軽減、それに伴う基礎材料の経済化をねらってメッシュ化したものもあり、中部電力では 2,000 Mc



第 12 図 検波中継方式



第 13 図 ヘテロダイン中継方式

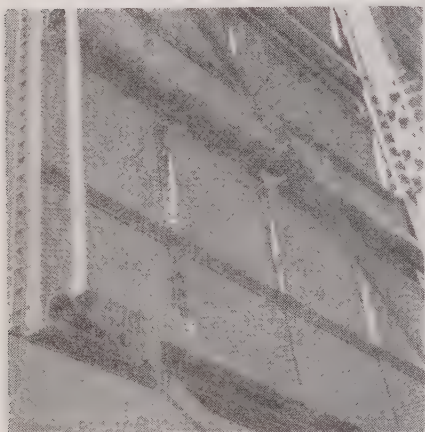


第 15 図 1 枚反射板による中継

第 16 図 2 枚反射板による中継



第 17 図 反射板



第 18 図 メッシュ反射板

帯、東京電力では 7,000 Mc 帯で使用している。また反射板を空中線の給電線の代わりに使用する場合もあり、ビーム給電方式と呼ばれている。(第 19 図) この場合にパラボラアンテナと反射板の有効面積、相互の離隔距離の間に特別の条件があれば空中線で直接受信するよりも利得の得られることが知られている。

(4.3) その他の通信方式

(a) 簡易マイクロ方式⁽¹⁸⁾ さきに述べたような数十～数百通話路容量の極超短波多重無線装置は、端局間の距離が短くかつあまりたくさんの通話路が必要でなく、またフェージング発生の心配がなく、ケーブル回線のほうが安価となるような区間に対しては経済的に不利であるので、このような場合に対しては送受信を 1 本のクライストロンで共用し、通話路も 24 通話路程度以下とした構造簡易で保守、建設ともに容易な

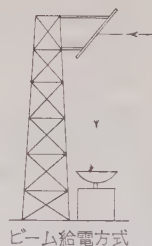
ものが造られている。これを簡易マイクロと呼んでいる。送受信を 1 本のクライストロンで共用するために送受信周波数の差を中間周波数に等しくし、AFC 装置は一方の局にだけ付けるようにしてある。端局における変調方法は SSB でも BSB でもよいが、少ない通話路であるから回路の簡単化のため BSB を用いることもある。また構造についても無線機を空中線の後背部に付けるようにしたものや、可搬形にしたものもある。出力は 100 mW 程度である。

(b) 見通し外通信方式

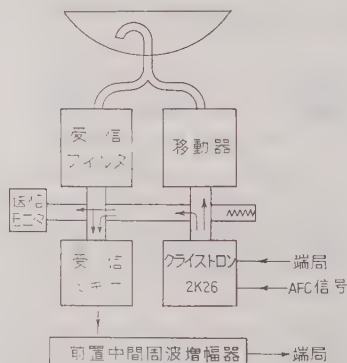
見通し外通信方式 (Over the horizon) は最近高出力の送信機や高感度の受信機が開発⁽¹⁹⁾さ

れたため可能となったもので、従来の反射板などを使用した直接波の利用でなく、散乱波、回折波を利用した通信方式である。この場合周波数の低いほうが有利であり、現在 2,000 Mc 帯が利用されている。北海道電力で実用化されたものの見通し図と電界強度を第 2 図と第 21 図に示す。⁽²⁰⁾

(c) 12 Gc 帯の開発 12 Gc 帯の装置は最近開発されたもので装置の構成図の例を第 22 図に示す。これはクライストロンを送受信に共用した簡易マイクロであるが、送受信に独立した発振器を用いたものもある。通信路は 48 通話路以下で、トランジスタ化して直流 24 V で動作するものが多い。施設例としては電源開発会社の雲辺寺～池田間ルート (8.75 km) が



第 19 図 ビーム給電方式

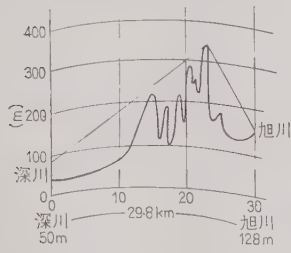


第 20 図 簡易マイクロ方式の例

第 2 表 見通し外伝搬実験値の一例

	実 験 値
周 波 数	2,120 Mc
出 力	13 W (41 dB)
距 離	29.8 km
自由空間損	-128 dB
回 折 損	-57.5 dB
空中線利得 (送)	34 dB
〃 (受)	
給電線損その他	-2.1 dB
受信機入力レベル	-78.8 dB
スレスホールドマージン	21.2 dB

あり、⁽¹³⁾ 現状では 100 mW 程度の出力で短距離回線に適している。12 Gc 帯の問題点は雨、みぞれなどに



第 21 図 深川—旭川間見通し図

を必要とする。

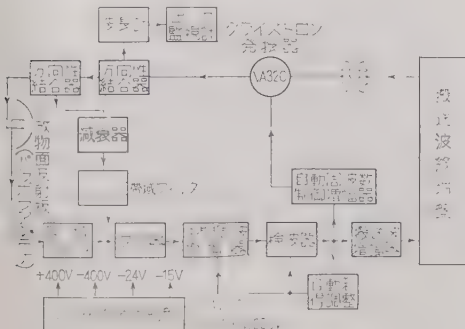
(4.4) 極超短波の伝搬 極超短波の伝わり方は波長が非常に短いため性質が光によく似ており、特別の場合以外は伝搬損が容易に計算でき、回線設計が簡単なのが特長である。回線設計の基礎になるのは Friis の伝搬式 (Transmission formula) で次に示す。

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R}{L_s}$$

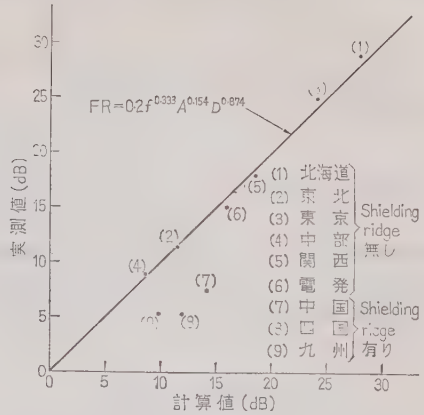
P_R : 受信電力, P_T : 送信電力, G_T, G_R :

送受信空中線利得, L_s : 自由空間伝搬損

実際問題として、これ以外に 給電線損、装置の回路



第 22 図 12 Gc 帯簡易マイクロ方式



第 23 図 最大フェージングレンジの
計算値と実測値

損、フェージングマージンを考慮し、さらに伝搬路の決定に際してはフレネルクリアランスも考慮する必要がある。フェージングはシンチレーション形、K形、ダクト形などの種類があり、⁽²¹⁾シンチレーション形はレベル変動の小さいもので問題とならず、K形に対してはダイバーシチ方式の受信方式が有力な対策となる。ダクト形に対しては回線計画に際して伝搬路を海岸、海上をさける以外に積極的な対策がない。しかし最近、電電公社で反射波防止空中線の研究が行われ、⁽²²⁾いずれのフェージングに対してもかなりの効果があることが報告されている。このフェージングは近時極超短波回線が集中データ処理 (IDP) 方式その他の符号伝送に適用されるにおよんで瞬断などの新しい問題を投げかけている。もちろんこの問題は他の原因も考えられるが、フェージングも一つの原因であると考えられている。フェージングマージンをいかにするかは回線設計上きわめて重要な問題であるが、まだ IDP のための実測は行われていない。しかし先年電力中央研究所、各電力会社が協力してフェージングの長期測定を行った結果は、回線の性質を知るうえで有効な指針を与えらると思われるので、結果の概略を示す次のような実験式で表わされる。⁽²³⁾

$$FR = 0.2 f^{0.333} A^{0.154} D^{0.874}$$

FR : 最大フェージングレンジ (dB), f : 周波数 (kMc), A : 伝搬定数, D : 送受信間距離 (km)

$$A = 1 + \frac{300}{h} \quad (\text{陸上の場合})$$

$$= 1 + \frac{600}{h} \quad (\text{海上の場合})$$

\bar{h} = 電波通路の平均高 $\frac{h_1 + h_2}{2}$ (m)

5. その他の無線装置の応用

最近, 極超短波無線回線が電話だけでなく, キャリヤリレー, テレメータ, フォルトロケータ, テレタイプなどの伝送路として利用されている。これらはパルスあるいは方形波として伝送され, 一般に音声帯域を 170 c/s あるいは 120 c/s 間隔で分割し 10~30 c/s 程度のパルスを AM または FS 変調して伝送する。また無線装置の特別な応用例としてロボット雨量計と雪量計がある。

6. 事故の状況

第3表および第4表は中部電力株式会社における昭和33年4月から昭和34年3月までの14ルート17局の多重無線回線の事故統計であって, 参考として掲示するが, 原因別では真空管不良が目立つほか装置不良(調整不良, 断線, はんだ切れ)が予想外に多く, フェージングの発生も若干ある。試験測定による停止はやむをえないが, その方法, 回数について検討の余地があると思われる。停止件数は年間平均28件(試験測定を除く)であり, 疎通率99%以上を確保している。

疎通率とは元来巨視的な見方であって, 符号伝送などに対しては瞬断などを考慮した微視的な見方も必要であり, 現在各電力会社ではこの見地より瞬断の測定を実施中であるので, 近くその結果がまとめられるであろう。

7. あとがき

以上, 電力用無線通信のあらましについて述べた。ここ数年来的電力用無線通信の発達はめざましく, 昭和28年当時は最新方式であったPTM方式もいまでは色あせた感がある。今後も電力用無線通信はますます発展し, 電力事業の自動化が進展するにともない符号伝送, 制御, 監視に重要な役割を果すことであろう。終りにのぞみ有益なご意見を寄せられた電気学会通信専門委員会委員各位に深謝する次第である。

文 献

- (1) 西崎: 信学誌 40, 675 (昭 32)
- (2) 電気事業連合会統計委員会: 九電力会社電気事業報告書 No. 8 (昭 33-4)
- (3) 郵政省電波監理局: 電波統計月報 (昭 35-6)
- (4) R.B. Hoffman, G.G. Richardson et M.R. Bergere: Bull. Soc. Franc. Elect. 7^e Serie, 8, No. 93, 563 (1958)

第3表 多重無線回線の原因別事故統計

原 因	事故件数	%
真 空 管	367	12.8
部 品 不 良	65	2.3
装 置 不 良	618	21.7
試 験 測 定	882	31.0
電 源 装 置	206	7.2
電 源 停 止	299	10.5
空 中 線	9	0.3
空 中 状 態	33	1.2
そ の 他	370	13.0
計	2,849	100

第4表 多重無線回線の回線別停止件数と疎通率

	区 間	停止件数	疎 通 率
PTM 方式	本店一大 高	36(13)	99.33
	本店一新名火	52(12)	99.20
	本店一名 港	31(10)	99.35
	本店一名 火	29(10)	"
	本店一日 進	31(9)	99.51
	本店一岩 倉	43(11)	99.26
	本店一岐 早	45(11)	"
	本店一三 重	32(10)	97.87
	本店一津	33(10)	97.84
SSB- FM 方式	本店一電源名交	27(15)	99.03
	本店一岡 崎	20(11)	99.30
	本店一静 岡	40(11)	99.03
	静岡一大井川	9(8)	99.76
	静岡一新清水	1(0)	99.94
	計	429(141)	

注: () は試験測定

- (5) H.P. Mahoney: Autom. Elec. Tech. jour No. 3 (1953-5)
 - (6) W.E. Droege & S.A. Olson: Elect. Wld 150, No. 2, 50 (1958-7)
 - (7) 染谷: (改訂) 超短波移動無線 (昭 31)
 - (8) 林: NEC No.41, 32 (昭 34-6)
 - (9) 三好・小山・好満: 通信技術懇談会資料 12, No. 2 (昭 35-8)
 - (10) 室伏・飯沼: NEC No.30, 37 (昭 31-4)
 - (11) 岩井・森永: 電子通信工学講座 (移動無線通信) p. 13 (昭 34-9)
 - (12) 堀田・青木・中林・柴崎: オートマトンと自動制御研究専門委資料 (昭 35-1)
 - (13) 柏原: OHM 47, No. 9, 44 (昭 35-7)
 - (14) NEC: NEC No.40, 144 (昭 33-12)
 - (15) 宮田・向井・浦山: 通信専門委資料 No. 78 (昭 32)
 - (16) 三木・萩原: 通信工学講座 (パルス通信) (昭 30-10)
 - (17) 広田・副島・井原・橋本: 電研所報 7, No.3, 1 (昭 32-8)
 - (18) 森田・海東・佐藤: NEC No. 29, 20 (昭 31-4)
 - (19) 森田・伊東: 信学誌 42, 737 (昭 34)
 - (20) 電気事業連合会: 第 11 回工務部長会議資料 (昭 35-2)
 - (21) 松尾: マイクロ波伝播 (昭 28-8)
 - (22) 深海・森田: 通信方式研究専門委資料 (昭 35-4)
 - (23) 電力用無線研究会: 電研所報 8, No. 4, 5, 156 (昭 33-10)
- その他, 電気学会大学講座「電力用無線通信」, 三菱, 日立, 沖, 筑波無線などのカタログを参照した。

UDC 62.003:658

シ ス テ ム 工 学 に つ い て*

正 員 熊 谷 三 郎†

講 演

36-4

1. システム (System)

産業界においては個々の機器が単独に使用されることは全くまれで、實際上無いといってさしつかえない。いくつかの異種の機器が組み合わされてシステムを構成するのが普通である。同種の機器だけでシステムが構成されることもまれである。また最近のすう勢はシステムがますます複雑になるとともに、それがオートメーション化されようとすることである。局部的には機器が単独に働いているように見えても、より広い視野から眺めると大きなシステムの一要素として働いているのが実情である。さらにまた、一つの機器それ自体がすでにシステムとして取り扱わなければならないものもある。自動計算機、自動交換機などはその例である。

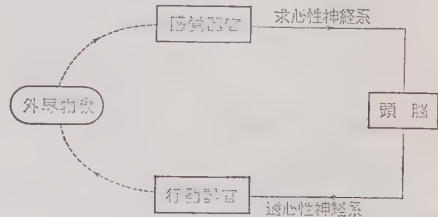
ここに一つの例として電話事業を考えてみよう。約 80 年の間に 1 本 1 本の接続から手動交換、自動交換へと発展を続けている。交換機自体がすでに複雑な一つのシステムを形成しているが、さらに電話回線網について考えると、その中に多くの交換機を含み、多数(わが国では 300 万以上)の加入者のいずれをも迅速に接続できるように設計、建設されていなければならない。最近では料金計算まで自動的に行うようになりつつある。まさに大規模、複雑なシステムである。

このほか、多くの発電所や負荷をもつ送配電系統、計算機を含む自動制御系なども複雑なシステムの例である。

システムの特徴は、その総合性と統一性にある。すなわち、システムを構成する各要素はいずれも相互に依存関係をもちながら共通の目的を達成すべく働いている。システムは相互に関連のある要素の集合体で、その要素は互に協力して定められた機能を発揮すべく設計されたものである。それらの要素は中心部で監視制御されている場合もあるし、そうでない場合もある。システムの設計にあたっては各要素の特性をむだなく充分に活用し、さらにシステム全体として技術的にも経済的にも満足なものになるように心がけなければ

ならない。必要以上に優秀な特性をもつ要素を使うのはむだなことである。

身近にあるもっともすぐれたシステムは人体である。人体を構成する各要素は互に依存関係があり、常に共通の目的のために互に協力的に働いており、上に述べた意味でのシステムの代表的モデルである。システムの立場から人体を研究することによってシステムの設計、開発に必要な多くの原理、原則を導き出すことができる。第 1 図は人体を制御系と考えた場合のシステムの簡単な構成図の例である。



第 1 図 人体を制御系と考えた場合のシステム

システム工学の対象となるシステムは、(1) 大規模で、(2) 複雑で、(3) 高価なものである。このようなシステムは一般に多くの変数を含んでいるが、一つの変数の変動が他の多くの変数に影響をおよぼすことを複雑というのである。この影響のしかたは非常にこみ入っている場合が多く、これを明確にするまではシステムの理解はできない。この関係を究明することがシステム設計者の基本的な仕事の一つである。

大規模システムは質的にも量的にも単純なシステムと異なる。そしてシステムの規模とその構成要素は見方によって違う。たとえば、さきに述べた電話システムについて考えてみると、コイルの設計者にとっては 1 本の電線が構成要素、継電器の設計者にとってはコイルは構成要素、ラインファインダの設計者にとってはスイッチが、交換機の設計者にとってはラインファインダが、そして電話システムの設計者にとっては交換機がそれぞれ構成要素である。

一般に、いくつかのシステムが集って大きなシステムを構成し、これがいくつか集ってさらに大きなシステムを構成することになる。大きなシステムに対してこれを構成する小さなシステムをサブシステム (Subsystem) という。たとえば電話システムにおいては交

* 本稿は昭和 36 年 4 月 7 日大阪における電気四学会連合大会の特別講演の要旨である。

† 大阪大学工学部教授

換機が、計算機制御システムにおいては計算機が、電力システムにおいては発電所がそれぞれサブシステムである。

ここで特に強調しなければならないことは、システムの構成要素として人間が常にはいることである。いかにオートメーションが進んでも、全く人間の介在しないシステムはないのである。すなわち、システムは常に人間-機械系である。

2. 大規模システムの例

(2.1) 電力システム 発電機と需用負荷は送電線、配電線を通して一つのシステムを構成している。しかも、発電所には特性の異なる火力および水力があり、これらが数多く同一システムの中に存在し、需用負荷も特性の異なるものが数多く接続されている。

電力供給事業者にとって重要な使命が二つある。その一つは変動する需用負荷に対して常に発電力を平衡させることであり、他の一つは電力を最小の費用で発生させることである。これをシステム運用面からみると、前者は周波数を監視制御することによって実行でき、後者は各発電機間の負荷配分を監視制御することすなわち経済的負荷配分によって実行できる。前者を自動的に行うために周波数自動制御が行われている。後者は多くの複雑な計算を迅速に行った上で制御を行う必要があるため、計算機と制御技術を用いた自動的な方法が採用される。

(2.2) 通信システム 前記の電話システムのほか、マイクロ波通信システムを考えると、多重電話、テレビジョンなどの広帯域の信号を伝送する目的で端局装置、端末送受信機、無人中継装置、空中線系、STリンク、電源装置、遮隔管制および打合装置、さらにこれらを収容する局舎、保守人員などを組み合わせてシステムが構成される。

宇宙通信システムはおそらくもっとも大きな規模のシステムになるであろう。アメリカのSpace Technology Laboratory は5部門からなっているが、その一つがシステム工学になっている。

(2.3) 輸送システム 鉄道、自動車、航空機などの輸送手段の高速化と輸送容量の増大とに、矛盾する各種の隘路が現われている。これらを調整して輸送能力を向上させなければならない。輸送システムにはいろいろあるが、その二三をあげてみよう。

(1) 航空機の盲目着陸システム 基本的にはGCA (Ground control approach) と ILS (Instrument landing system) の二つがある。前者は制御の責任が地上にあり、後者は制御の責任が機上にある。航空機

の増加に伴ない、このシステムが何千という飛行場、何十万という航空機に採用されるとなると、その費用は莫大なものになり、システムの決定は重大な問題になる。

(2) 交通管理システム その時々交通の必要量に対応して、交通信号の点滅周期を自動的に調整することがその基礎になっている。このシステムは検出器、計算機、通信機から構成される。

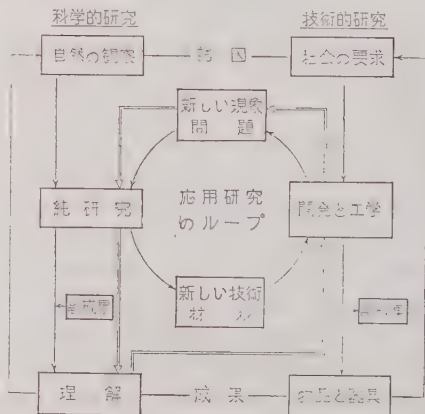
(2.4) 生産システム 生産工場におけるシステムとしては、資材運搬管理と製造工程に関するものがもっとも重要である。すでに多くの種類の自動工場ができてはいるが、その数と多様性とは急激に増大するであろう。一例として電子回路の自動製造について述べると、これには次の二つの基本的なシステムがある。

(1) 自動部品組立のシステム (Automatic components assembly system) これは部品を自動的に組み立てるために、非常に正確に位置づける運搬システムがその主体になっている。

(2) モジュールのシステム (Modular design system) 基本になる単位がモジュールで、これはさらに、二つあるいは三つの部品からなる Wafer と呼ばれるもっと小さい単位に分けられる。このシステムでは部品の製造と検査も組立作業中に行われる。

(2.5) 企業のシステム 会社全体も一つのシステムであるが、このシステムは上記のものにくらべて著しく複雑である。

(2.6) 自然界や社会のシステム 構成要素が相互に依存関係にあるという点で、自然界も社会もシステムと考えることができる。第2図は研究面からみたシステムの一表現である。



第2図 研究のシステム

3. システム工学とシステムエンジニア

Systems engineering のことである。文字どおりシ

テムエンジニアリングと呼ぶこともあり、SE と略することもある。OR (Operations research) はもう派な日本語になっているので、SE もそのうち日本になるであろう。

たとえば能率という点だけ考えてみても、過去 50 間、工学者、技術者の関心は主として個々の要素あるいは機器に向けられてきた。しかし、それよりも実に大事なことは、それらの要素で構成されているシステム全体の能率である。信頼性、経済性その他の特についてまた同様である。

個々の機器の設計に対してはそれぞれ電気工学、機工学などの専門工学がその役目を果しているが、大規模システムの設計には既存の専門工学だけでは充分なことがわかってきた。それで新しく、この目的のためにシステム工学が現われたのである。特にオートメーションの発展はシステム工学の重要性をますます高めることになった。

さきに述べたように、システムはいくつかの要素をみ合わせて構成する総合的労作である。小規模システムは個人の経験と比較的単純な総合力とで最適設計を行うことができるが、大規模システムではそうはゆかない。交換機や計算機の設計から、さらに進んで、それらを含んだ電話システムや制御システムの設計をえてみれば、このことはよくわかるはずである。

従来、大規模システムの設計は小規模システムの設の拡張というかたちで進められてきた。そして大規模システムの構成要素の仕様書が使用者が作っている。しかし、このようなやりかたでは、仕様書どおりものを作り上げるのにどのような困難があるかを仕様書の作成者がよく知らない場合が多く、そのため再計の必要が起きたり、調整装置がいつそう複雑になりして損失を大きくすることになる。システムが規模になると、このことはきわめて重大な問題である。

システム工学には次の二つの面がある。

(1) 新しいシステムの設計および完成を目的とするもの。

(2) 既存のシステムの最適化を目的とするもの。

第一の面ではシステム工学は Project engineering Plant engineering と同一目的をもっている。

第 3 図は建設計画および実施の組織図の一例である。(1) の経済および市場調査から始めて、時計まわに進み、(8) の運転開始にいたる建設計画の樹立と、その実施の中心人物が Project engineer であり Systems engineer である。

システムの設計には多くの専門知識の総合が必要で

ある。たとえば電力システムや電話システムのような複雑なシステムを作るには、何十人もの異なる種類の専門家すなわち電気、機械、土木、建築などの工学者技術者をはじめ数学、物理、化学、地質、気象などの理学者の協力と、それらの知識の総合が必要である。

それで、広い見地に立って関係のある多くの専門家と協力し、かつ、これらの人々の中心になってシステムの設計を行うエンジニアの出現が要望されるようになった。これがシステムエンジニア (Systems engineer) である。

要するに、大規模システムの設計は多くの専門家からなるチームの共同作業で、その中心になるのがシステムエンジニアである。システムエンジニアは多くの異なる種類の専門家と共通の言葉、共通の思想で話し合えるものでなければならない。システムエンジニアは従来の意味での Specialist ではない。Nonspecialist である。システムエンジニアはまた Scientific generalist とか Engineering scientist などとも呼ばれ、さらに仕事の内容から System analyst, Large-scale-system designer などとも呼ばれている。

システムエンジニアはそれぞれの専門領域では学ぶことのできないことを学び、異なる専門家の用語や問題がわからなければならない。このような Generalist は工学の世界では新しい存在である。

4. システムエンジニアの特徴

システムエンジニアのなすべき仕事はおよそ次のようなことである。すなわち遂行すべき機能が与えられた場合

(1) まず、この機能を自動的に遂行するシステムはどのようなものであればよいかという構想を作り上げる。ここに自動的というのは人間の介在を最小にするという意味である。

(2) 次に、この構想を信頼性のある実地的な形におきかえる。

(3) 最後に、時間と経済を考慮して実際のものを作りあげる。

最近のシステム工学では、システムを構成する要素は理学、工学の広範囲のいろいろ異なった分野から選ばれ理学、工学の知識や技術を結集して実施される。システムはますます有機体の特性をもつようになる。

システムエンジニアの責務は構想、選択、解析および構成に大別される。

(4.1) 構 想 これはシステム全体のあるべき姿の構想で、その一般的操作法を考え、システムを構成する各種要素のインプットとアウトプットを定性的

たつての知識が必要である。広範な知識の上に立つ批判的思考力が正しい選択の基礎になる。

(4.3) 解析 これは頭の中での抽象的な考えを定量的な形に作りあげることで、複雑な全システムをつなかりを原因、結果の科学的論理にしたがうようにする。この解析により、システムの理想的動作(動作の理想像)を予測することができる。また実際に使用される機器にはいろいろの制限があって理想的のものではないから、実際のシステムの動作は理想像からずれたものになるわけであるが、このずれを予測することができる。これらは設計基準、仕様および検査に関する科学的基礎を与えるものである。

(4.4) 構成 まず、装置、機器を組み合わせる理論どおりのシステムを作ってみる。次にこれを基にして要求どおりの動作をし、製作可能で保守可能な人間の介在によって運用される実際的なものを作りあげるのである。

大規模システムの設計では、その中心になるシステムエンジニアがただ1人では困る場合が多い。何人かのシステムエンジニアがチームを構成して働くのが普通である。システムチームの構成人員は少なくとも5人、多くとも12人ぐらいまでが適当であるといわれている。

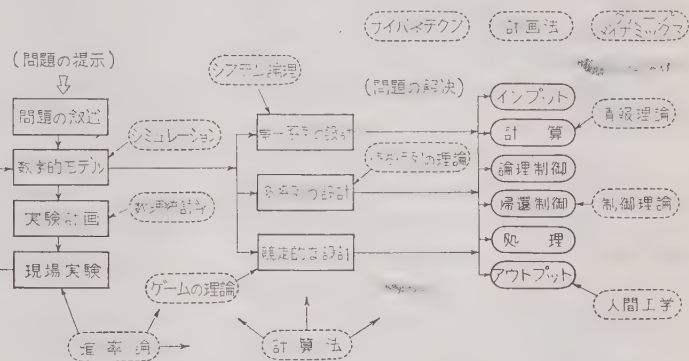
5. システム工学の諸技法

システム工学ではいろいろな技法が使われるが、そのおもなものは

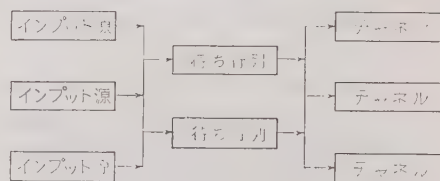
- (1) 確率論
- (2) 数理統計学
- (3) 計算法
- (4) システム論理 (System logic)
- (5) 順番待ちの理論または待ち行列の理論 (Queueing theory)
- (6) ゲームの理論 (Game theory)
- (7) 数理計画法 (Mathematical programming)
- (8) サイバネクス (Cybernetics)
- (9) グループダイナミクス (Group dynamics)
- (10) シミュレーション (Simulation)
- (11) 情報理論
- (12) 自動制御理論
- (13) 人間工学 (Human engineering)

である。これらの技法がどのように使われるかを第4図に示した。

(5.1) 確率論 第4図に示したように、確率論はシステム工学による総合化の道程のあらゆる段階に使われる。数学的モデルやハイトラフィックデザインなどにおいては、確率論のほかに数理統計や待ち行列の理論が不可欠の技法として使われるが、数理統計、サイバネクス、待ち行列の理論、情報理論などによって確率論は基本的な役割を果たすものである。



第4図 システム設計の段階と使われる技法



第5図 多くのインพุット源がある場合の待ち行列

(5.2) 計算法 これまで、いろいろの計算法が発展してきているが、最近になって電子計算機その他の自動計算機の出現によって、有効な計算法の確立が緊急の問題になってきた。

(5.3) 待ち行列の理論 システム内部でランダムなインพุットやアウトプットを処理する場合、待ち行列の理論はシステムの状態を解析するうえで欠くことのできないものである。(第5図参照)

(5.4) システム論理 たとえば、いくつかのレーダから航空機の位置を報告する場合、論理制御センタ (Logical control center) では、どのレーダからの報告を採用するかを決定する論理的規則 (Logical rule) を作っておかなければならない。このような規則の作成の可能性が検討されている。

(5.5) ゲームの理論 競争的な立場にある2人

あるいは2人以上のプレーヤがそれぞれ方略を選んで競走した結果を解析する数学の一部門がゲームの理論である。OR や経済学で注目されてきたものであるがシステム工学においていくつかの設計法が考えられる場合、その中から最適のものを選ぶのに役立つ。

(5.6) 数理計画法 数理計画法はインプットとアウトプットの関係において、幾種類かの投入物から幾種類かの生産物が得られる場合、最適のものを発見する方法を与えるものである。たとえば、原料から製品を得る生産過程において、どの原料をどれだけ用いれば利潤が最大になるかを知りたいような場合に役立つ。利潤を最大にするかわりに費用を最小にしたい場合、最適輸送計画や人員配置計画を得たい場合にも数理計画法が役に立つ。

(5.7) グループダイナミックス これは各グループの構成員の間の通信の効率を計量する心理学の一分野で、構成員間の通信を回路網の問題として処理し効率を計量化する方法である。

(5.8) サイバネチクス サイバネチクスは機械および動物における通信と制御の学問であるといわれている。N. Wiener に始まるこの思想の体系化は、その後の通信工学や制御工学の進歩に多大の影響を与えたが、システム工学も大規模システム内の情報伝達処理とこれに基づく制御という点で、サイバネチクスに依存するところが少なくない。

サイバネチクスは人間という複雑でしかも巧妙なシステムのからくりを明らかにするとともに、それを利用して巨大な工業装置のシステムに有機的動作を与えるための有用な指針となるものである。

(5.9) 情報理論 情報理論はグループダイナミックスとは違って、情報源と情報の受けとり者との間に介在する通信路の性格を研究するものである。ここで情報 (Information) というのは量的のものであって、メッセージの意味論的 (Semantic) の面は取り扱わない。ある状況のもとで送られる情報量を問題とするのである。

(5.10) 制御理論 工業の進歩が速さと精度において人手による制御に満足できなくなると、自動制御の発展をうながした。最近の自動システムはサイバネチクスの思想を生かして、人間の頭脳のような機構をシステムに組み込む方向に進んでいる。システム工学は大規模な自動システムの設計のために登場したとさええる。

(5.11) シミュレーション シミュレーションはシステムを数学的に表現したものをアナログ形計算機またはデジタル形計算機などを使って Cut-and-try

法または組織的な方法でシステムを研究することである。

一般にシステムの問題を研究するのに次の三つの方法がある。

(1) 実際の設備、機械および人を使って実験する。

(2) 問題を方程式に書き表わし、数学的に解析する。

(3) シミュレーションによって実験する。

システムを実際に組み立てて実験することは現実的であるが、費用がかかり日時を要する。また変数の値を広い範囲にわたって変えて実験することもむずかしい場合が多い。一方、数学的解析は費用が僅少で有効な方法であるが、方程式で完全にシステムを表わすことがむずかしい場合が多く、たとえ方程式で表わすことができても解析の困難な場合が多い。もちろん両者はシステム設計の重要な手段であるが、その間にあってシミュレーションは費用、所要時間、実現性、とり得る変数の範囲などの点からみて重要な手法である。今日、大規模システムを作るには必ずシミュレーションの手段を経なければならないといっても過言でない。数学的解析法は予備的手段に用い、実際のシステムはシミュレーションによって得られた最終結論に基づいて作るようにすべきである。

(5.12) 人間工学 人間工学と全く同じ意味でしばしば用いられる言葉にエルゴノミクス (Ergonomics) がある。前者はアメリカで、後者はイギリスで使われる。このほかに Biomechanics, Biotechnology などの言葉もある。

人間工学を本格的に育ててきたのはアメリカの航空機工業である。人間と機械とが高度に結びつき、一体となって動作する超高速飛行機の設計には、これがどうしても必要になってくるのである。機械とオペレータとをまとめて一つのシステムとみると、これは正にシステム工学の問題である。しかも、さきにも述べたように人間の全く介在しないシステムは無いのである。

人間工学は人間-機械系の工学的検討に源を発した新分野で、生理学、解剖学、衛生学、心理学、工学、理学などの総合されたもので、システムの一要素としての人間の特性を究明するものである。人間と機械が一体になって動作する人間-機械系では両者の適正な結合が要求される。それには

(1) 人間は機械に合った人を選び

(2) 機械は人間に合わせて設計、製作、設置することが必要である。

工場設備を設計する場合、人間が介在するにもかかわらず、設計者の関心は機械系だけに集中されがちで

ある。その結果、機械系は予定どおり動作して所期の生産をあげることができても、この生産を維持するために人間系は不当な労力を強要されるか、あるいは、人間系の規模が不当に大きくなって、結局、生産性を低下させることになってしまうことが多い。

6. 人間-機械系設計の基本的問題

人間-機械系の設計にあたって考えなければならないことは、人間と機械との仕事の分担である。それには、人間の長所と短所を明らかにしなければならない。

人間の長所としては次の諸点があげられる。

(1) 感覚器官、頭脳、行動器官を具えているからいわば測定装置、計算装置を備えた動力付きの自動機械である。

(2) 移動が容易である。

(3) きわめて多種の動作を随時切り換えて行うことができるから、1人で多くの種類の動作を行うことができる。

(4) 判断力をもち、臨機応変の動作ができる。

(5) 学習能力をもち、経験を生かすことができる。

(6) 創造的な思考ができる。

他方、次のような短所がある。

(1) 動力が小さい。

(2) あまり速い動作や、あまりゆるやかな動作ができない。

(3) 観測、判断、行動の時間的ばらつきが大きい。

(4) 特殊な環境の下では動作できない。

(5) 部品取り換えによる修理が一般にはできないから、身体の一部の損傷によって、身体他の部分で行われる作業までが停止する。

(6) 長時間の連続作業ができない。

(7) 個人差が大きい。

(8) コストの問題が複雑である。

(9) 社会的の顧慮が必要である。

自然科学の分野においては、ある一つの学問が進歩しているかどうかは、問題がどれだけ量的に取り扱われているかによって判断できるといわれている。人間の特性も簡単なものは古くから量的に取り扱われていたが、最近、エレクトロニクスの進歩によって、人間

の生理、心理、行動などに関する諸量の測定が可能になってきたし、応用心理学、産業心理学、応用精神物理学 (Applied psychophysics) などの分野においても人間工学と同様の目的の研究が進められているから、この方面からも多くの有用な資料の得られることを期待している。

7. む す び

以上、システム工学のあらましについて述べたが、この新しい工学の分野は誕生してまだ日が浅いので、いまのところ学術的には不備なところが多い。しかしオートメーションの進展とシステムの大規模化は産業界のすう勢であるから、システム工学の重要性は今後いよいよ高まるにちがいない。

システム工学はひとりシステムエンジニアだけに必要なのではない。すべての技術者は直接または間接にシステムエンジニアにつながりをもつのであるから、システム工学の概念は工学基礎の一つとして全技術者が理解しておくべきものである。

現在、システム工学に対してもっとも深い関心をもち、その発展に努力しているのはアメリカであろう。アメリカの大学には、Case Institute of Technology (Cleveland) のように Department of systems engineering を設けてシステムエンジニアの養成を行っているところもある。またわずかではあるが、すぐれた著書⁽¹⁾⁽²⁾も出版されている。システムエンジニアが実際にどのような仕事をするのか具体的なことを知りたい人は、ベル電話研究所の記事⁽³⁾を読まれることをすすめる。わが国では東大の猪瀬氏⁽⁴⁾の記述がある。終りに、生産性関西地方本部には筆者を中心とするシステム工学研究委員会が約2年前から設置されて研究討議を続け、相当量の資料が集められていることを記しておく。

文 献

- (1) Harry H. Goode & Robert E. Machol: Systems Engineering.
- (2) Charles D. Flagle, William H. Huggins & Robert H. Roy: Operations Research and Systems Engineering.
- (3) G. W. Gilman: Bell Lab. Record **31** (1953)
- (4) 猪瀬 博: エレクトロニクス (昭 35-2)

学 界 時 報

- | | | |
|----------------|----------------|----------|
| 1. 教育・研究 | 2. 電気物理および回路理論 | 3. 電気測定 |
| 4. 電子装置 | 5. 電子回路 | 6. 電気機器 |
| 7. 電力 | 8. 照 明 | 9. 電気鉄道 |
| 10. 電気通信 | 11. 電気材料 | 12. 電力応用 |
| 13. 自動制御および計算機 | 14. 原子力 | 15. 雑 |

2・199. 最近の磁気に関する
いくつかの問題

Louis Néel: Quelques aspects récents des problèmes de magnétisme. [Bull. Soc. Franc. Elect., 8^e Série, Tome 1, Fév., N° 2, 1960, p. 115~121]

この論文は 1959 年 9 月に開かれた Aix-les-Bains におけるフランス電気協会の会議で Néel が講演したもので、ここ数年来研究者の興味をひいている磁気に関するいくつかの重要な問題を概観してある。

原子磁気モーメント 最近の X 線による研究結果は、ニッケル、コバルトでは従来の $3d$ 殻の穴による考えと一致しているが、鉄では $3d$ 殻に 2.2 個の電子だけがあることになる。しかしこれを決定的なものとするにはなお詳細な研究が必要である。一方、イオンの性質をもつフェライトの磁気モーメントにはあまり困難はなく、たとえば Dy-ガーネットの低温における磁気モーメントが理論的に説明された。

交換相互作用 直接的な交換相互作用は近接力であるが、従来考えられていた距離よりもっと遠くに広がっており、また、その符号が原子間距離とともにいくとも変わる。この実験的証拠として強磁性、反強磁性の共存がある。間接的な交換相互作用として超交換作用があり、フェライトに重要な役割をなす。

エプタクシ交換相互作用 異なった結晶形にある原子間の交換相互作用で、たとえば強磁性コバルトとその表面にできた反強磁性コバルト酸化物との間また $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ を還元してできる Fe_3O_4 とともに $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ との間で起る。前者は交換異方性、後者は化学残留磁気の原因として知られている。

結晶磁気異方性 異方性定数の温度変化については未解決である。

方向性規則配列 これは磁界中冷却効果の原因であり、応用面また物性面からも興味のある問題である。

副格子近似 各副格子によって磁気モーメントの大きさ、方向が異なるとするもので、二つの副格子からなるものの代表例は MnO 、 NiO (反強磁性) や逆スピネルフェライト (フェリー磁性) がある。また三つの副格子ではガーネットおよび三角配置をとるとい

れる $\text{MnO} \cdot \text{Mn}_2\text{O}_3$ がある。そのほか五つからなるものに $6\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{BaO}$ がある。

スパイラル構造 磁気モーメントの配置の複雑な仕方としてスパイラル構造が提案された。 MnO_2 、 MnAu_2 がこの例としてあげられる。

磁気の統計力学 自発磁気の温度変化、キュリー点近傍の真の比熱については正確なことはなにもわかっていない。

スピン波とマグノン マグノンはスピン波を量子化したもので、ホノンとの相互作用、高周波境界による励起に関する問題に有用である。そのほか磁化の巨視的過程の統計的な問題、(特にヒステリシス) 薄膜と微粒子の磁壁または磁区の問題、微分方程式から出発して磁気現象を取り扱う Micromagnetism、微粉末の超常磁性とウイスカを用いた新しい実験の可能性、磁化の動特性、拡散磁気余効と熱じょう乱磁気余効について述べられている。(山本委員)

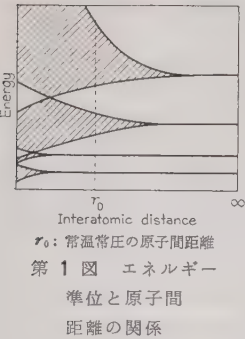
2・200. 高圧技術が半導体
研究に果たす役割

Douglas Warschauer: The Role of High Pressure in Semiconductor Research. [Electronics, Vol. 33, No. 47, Nov. 18, 1960, p. 90~92]

最近、高圧力を利用する技術が進んできたので、300,000 bar (地球中心部の圧力の約 1/17) にもおよぶ高圧下での物性の研究が可能になった。高圧により半導体の原子間距離を縮め、エネルギー準位におよぼす影響を調べたり、加圧により物質の特性を半永久的に変えさせたり、加圧により結晶成長を促進させたりすることができる。本文には、その簡単な解説が記されている。

例を Ge 結晶にとり、自然状態と相似な結晶構造をもち、原子間隔だけを变化させた状態を考えてみれば、そのエネルギー準位は第 1 図のようになるであろう。Ge の電気的性質などを圧力の関数として調べることにより、エネルギー準位が r_0 の近傍でどのように変わるかを詳しく知ることができる。その知識をもとにして、Ge と Si の電気的、ないしは光学的性質の差異の生ずる機構が明らかにされるし、また、Ge-Si

合金で、Si 含有量が 18% をこすと、Ge 類似の性質から Si 類似の性質に急に切り変わる理由も説明される。



第 1 図 エネルギー単位と原子間距離の関係

加圧下で、ダイオードの電気特性を調べることにより、エネルギー単位の様子を知ることもできる。順方向に一定電流を流しながら、圧力 P を変化させれば、ダイオード両端の電圧 V と、禁止帯の幅 E_g の間には、 $q dV/dP = dE_g/dP$ (q は電子電荷) となりかつから、加圧による禁止帯幅の変化が求められる。

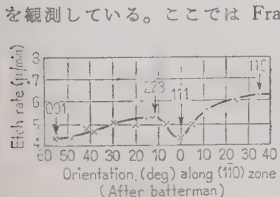
加圧により、絶縁体や半導体を金属化してしまうことも考えられるが、いまはまだ実用的ではない。非常な高圧を必要とすることと、圧力を除去すればもとにもどってしまうからである。しかし、ある場合には固体の性質を全く変えてしまうことも可能である。一例としてりんの場合がある。黄りんは 200°C で 12,000 ~ 13,000 ber の圧力を加えると、赤りんに変わってしまう。黄りんは絶縁体であり、赤りんは半導体 (P 形) である。

高圧下での結晶成長法は、1955 年に Gen. Elect. 社でダイヤモンドの合成に成功して以来、脚光を浴びている。N 形や P 形のダイヤモンドや、その P-N 接合さえも可能になるかも知れない。そのほか、ダイヤモンドと同程度の硬度をもつ窒化ほう素の合成、ガーネット類、CdS や PbS の結晶の作製においても、高圧技術の果たす役割は大きい。(鳩山委員、沢口悦郎記)

2-201. Ge 結晶溶解の方向依存性

F. C. Frank & M. B. Ives: Orientation-Dependent Dissolution of Germanium. [J. appl. Phys., Vol. 31, No. 11, Nov., 1960, p. 1996~1999]

Batterman⁽¹⁾ は Ge 単結晶を Superoxol 液 (H_2O_2 1 容, HF 1 容, H_2O 4 容を混合) でエッチして軸方向とエッチ速度の関係を求めている。(第 1 図参照) また径 1 cm の半球状の穴を Ge 単結晶に作り、これに Superoxol を注いで 3 h 後にできる穴の形 (第 2 図) を観測している。ここでは Frank⁽²⁾ の溶解または成長に関する理論を使って、この穴の形が幾何学的作図により求められることを示す。



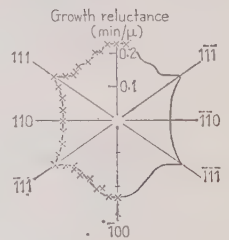
第 1 図

まず Batterman の結果 (第 1 図)

を極座標に書くと第 3 図のようになる。図の上半分は測定値をそのまま使用し、下半分は平均したなめらかな線で結び、右半分は左と対称に描いてある。この半球状の穴から第 2 図の穴が形成される過程を示したのが第 4 図である。中央の円が最初の穴で、点線は第 3 図を写したものである。

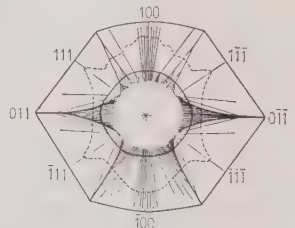


第 2 図



第 3 図

このような作図法によりできた形から次のようなことが予想される。(1) $\{111\}$ 面は最初は早く、長時間経過するとゆとりをつくりエッチされて広い面となる。(2) $\{100\}$ 面の曲率は $\langle 111 \rangle$ 方向に対称で、長時間エッチすると曲率はゆるやかになる。(3) $\{100\}$ 面の縁には鈍い角が見られるが、これは $\{111\}$ 面が広がると最終的には消失する。(4) $\langle 110 \rangle$ 方向の周囲の曲率は最初少しゆるやかである。しかし時間が経つと、 $\{111\}$ 面との境をなす角は鋭くなる。(5) $\{100\}$ の周囲にいつまでも残る曲率を無視すると、結晶にできる穴の最終的な形はだいたい六角形である。



第 4 図

このように溶解する形は Frank の理論とよく一致する。また特定のエッチ液中では Ge の Etch rate は第 1 近似として、結晶軸方向にだけ依存することがわかったと報告している。

(北村委員、小田亟司記)

文 献

- (1) B. W. Batterman: J. appl. Phys. **28**, 1236 (1957)
- (2) F. C. Frank "Growth and Perfection of Crystals" (John Wiley & Sons Inc., New York, 1958) p. 411

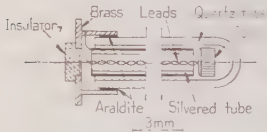
2-202. 周波数特性のよい磁気探針

S. E. Segre & J. E. Allen: Magnetic Probes of High Frequency Response. [J. sci. Instrum., Vol. 37, No. 10, Oct., 1960, p. 369~371]

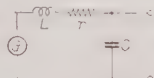
磁気探針はプラズマ中の磁界分布の測定に使用されるもので、プラズマ研究上重要なものであるが、本論

文には筆者らの作製した磁気探針の構造(第1図)と、周波数特性の実測結果が述べられている。

第1図に示したように、磁気探針のプラズマ中にその入される部分は外径3mm、長さ15cmの石英管でおおわれている。磁界測定用のコイルは0.03mm銅線を小さなガラス棒に2層に巻いたもので、総巻数60回、コイル長さ1mm、コイル直径0.7mmである。リード線は誘導を拾わないように合わせてあり、静電シールドが施されている。コイルの出力電圧を適当な回路で積分すれば、プラズマ内の磁界が求められる。



第1図

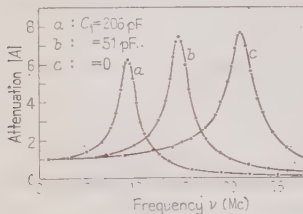


第2図

磁気探針の等価回路として第2図のような回路を考えると、探針の周波数特性は容易に求められる。ただし第2図において L , r はそれぞれコイルのインダクタンスおよび抵抗で、 C はコイル、リード線、コネクタの静電容量であり、 G はコイルの誘起電圧を表す。

磁気探針の周波数特性は次のようにして測定した。すなわち、高周波発振器に接続された低抵抗コイルの中に探針を設置し、探針の出力電圧およびコイル出力電圧(第1図の G の電圧に比例)をそれぞれブラウン管オシロとバルボで測定して両者の比を求めた。

探針の端子間に既知静電容量 C_1 を接続した場合には周波数特性は第3図のようになり、共振周波数の変位などから $L=1.14 \mu\text{H}$, $C=15.5 \text{ pF}$, $r=21 \Omega$ なる値



第3図

が得られた。なお共振周波数の測定誤差は1%以内である。上記の数値から磁気探針に接続する測定用ケーブルとしてはサー

ジインピーダンス

電子散乱には異方性がある。ここでは散乱の異方性を知るために磁気抵抗の変化を測定して、Valleyの対称軸に対して平行または垂直方向に電子が散乱された場合の緩和時間を定性的に求めている。さてN-Si中の電子は格子振動および電離不純物により散乱される。また前者は同一Valley内での遷移(Acoustic散乱)、および異なったValleys間の遷移(Intervalley散乱)に分けられる。このうちIntervalley散乱は理論的にも等方的であることが証明されているが、電離不純物散乱と同一Valley内の散乱は異方性を持っている。試料は $P(10^{13} \sim 10^{14}/\text{cm}^3)$ および $B(10^{12} \sim 10^{14}/\text{cm}^3)$ を含むN-Siを使用している。

まずAcoustic散乱の異方性について検討する。 $[111]$ 方向の縦磁気抵抗の飽和値($H \rightarrow \infty$)と有効質量、緩和時間の関係は近似的に

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} \Big|_{111}(H=\infty) \approx \frac{(2m_{\parallel}\langle\epsilon\tau_{\perp}\rangle/m_{\perp}\langle\epsilon\tau_{\parallel}\rangle+1)(m_{\parallel}\langle\epsilon\tau_{\perp}\rangle/9(m_{\parallel}/m_{\perp})(\langle\epsilon\tau_{\perp}\rangle/\langle\epsilon\tau_{\parallel}\rangle))}{m_{\perp}\langle\epsilon\tau_{\parallel}\rangle+2} - 1 \dots \dots \dots (1)$$

で示される。 $\Delta\rho/\rho$ 対 $1/H^2$ の関係を測定して、 $H \rightarrow \infty$ の場合の $\Delta\rho/\rho$ の値を外そうにより求め、また m_{\parallel}/m_{\perp} はサイクロトロン共鳴の測定値を使用すると、77°KではAcoustic散乱の異方性は $\tau_{\parallel}/\tau_{\perp}=2/3$ 程度となる。この温度では全格子散乱の中にIntervalley散乱が15%程度含まれているが、これは等方性である。したがってAcoustic散乱の異方性は全格子のそれよりも大きい。

次に電離した不純物による散乱の異方性を見るために、弱磁界中で同様の測定を行った。測定値と有効質量、緩和時間の関係をパラメータ W で定義すると、

$$W = \frac{\Delta\rho}{\rho_0} \Big|_{110}^{001} + \mu H^2 H^2 \Big/ \frac{\Delta\rho}{\rho_0} \Big|_{110}^{110} = \frac{2[(m_{\parallel}/m_{\perp})^2\langle\epsilon\tau_{\perp}^3\rangle/\langle\epsilon\tau_{\parallel}^2\rangle]}{[(m_{\parallel}/m_{\perp})^2\langle\epsilon\tau_{\perp}^3\rangle/\langle\epsilon\tau_{\perp}\tau_{\parallel}^2\rangle]^*} + \frac{(m_{\parallel}/m_{\perp})\langle\epsilon\tau_{\perp}^2\tau_{\parallel}\rangle/\langle\epsilon\tau_{\perp}\tau_{\parallel}^2\rangle+1}{-2(m_{\parallel}/m_{\perp})\langle\epsilon\tau_{\perp}^2\tau_{\parallel}\rangle/\langle\epsilon\tau_{\perp}\tau_{\parallel}^2\rangle+1} \dots \dots \dots (2)$$

第1表

Sample	195°K		273°K		Approximate impurity concentrations ($\text{cm}^{-3} \times 10^{13}$)	
	$H(G)$	W	$H(G)$	W	N_A	N_D
SP 6 A	1,640	3.66	3,700	3.76	2.8	0.8
	2,240	"	4,420	3.75		
SP 6 X	1,510	3.61	2,960	"	1.7	"
	1,620	3.62	3,690	3.72		
SP 4 A	1,630	3.78	"	3.80	24	1
	2,240	3.80	4,420	"		
SP 1 D	1,630	3.90	3,700	"	80	40
	2,240	3.89	4,420	3.81		

2.203. N-Si 中の散乱の異方性について

D. Long & J. Myers: Scattering Anisotropies in n-Type Silicon. [Phys. Rev., Vol. 120, No. 1, Oct. 1, 1960, p. 39~44]

Si 半導体の伝導帯は $[100]$ 面内に六つの等しいエネルギーの最小値すなわち Valleys があり、このため

となる。ここで $(\Delta\rho/\rho)$ の上の添字は磁界方向，下は電流方向を示す。測定結果（第1表）を（2）式を使って検討すると， W の値が 195°K の場合より大きいことは $\tau_{\parallel}/\tau_{\perp} < 1$ であることを示しており，強磁界での結果と一致する。これは純度の高い試料（SP6）では Acoustic 散乱が有力なためである。次に SP4, SP1 では 273°K の W は 175°K のそれに等しいか，または小さくなっている。これは $\tau_{\parallel}/\tau_{\perp} > 1$ であるため，したがって電離した不純物散乱が有力になっていることを示している。この不純物散乱の異方性がどの程度であるかをこの W より求められるはずであるが， W は便宜的なパラメータにすぎないので評価は行っていない。（北村委員，小田坂司訳）

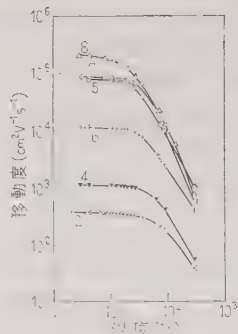
2-204. PbS 族の熱電氣的性質 と 熱 伝 導 率

D. Greig: Thermoelectricity and Thermal Conductivity in the Lead Sulfide Group of Semiconductors. [Phys. Rev., Vol. 120, No. 2, Oct. 15, 1960, p. 358~365]

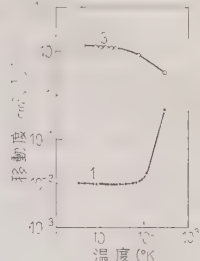
半導体としての PbS 族（PbS, PbSe, PbTe など）の実験研究の報告は，近年かなり見受けられるようになったが，光学的，電流磁氣的性質に関するものが多く，熱電氣的性質，特に 100°K 以下の低温については割合に数が少ない。著者らは天然の PbS 4個，人工の PbS 2個，PbSe, PbTe 各 1 個の計 8 個の試料について，熱伝導率と熱起電力を 4°K から 100°K まで，固有抵抗を 4°K から室温まで測定し，その結果からフォノンの散乱機構の性質，過程について解析を試みようとしている。（ホール）定数はこれまでの報告の結果より考えて，室温以下では変化がないとして，室温付近でだけ測定している。）

第1図，第2図はホール定数 R ，固有抵抗 ρ の測定値から $\mu_H = R/\rho$ により求めたホール移動度 μ_H の温度依存性，第3図，第4図はそれぞれ熱伝導率 \mathcal{K} ，熱起電力 S の温度依存性で，番号は試料の番号を表わし，第1表にそれらの内容を示す。

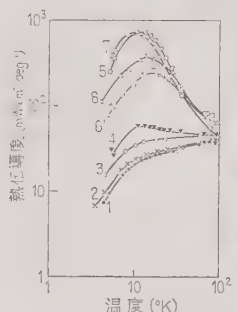
まず μ_H ， \mathcal{K} のデータから天然結晶の試料は，必然的にひどい多結晶であること（試料1）と，臂開層に Pb, Fe, Ag などの不純物が多いこと（試料2，



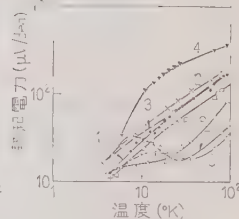
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

3, 4) のために， μ_H ， \mathcal{K} が人工結晶の試料にくらべて著しく小さくなると考え，散乱機構の解析は 4 個の人工結晶試料に重点をおく。

こうして実効質量 m^* の値を仮定し，キャリア濃度 n ，移動度 μ の測定値から散乱に寄与する点欠陥の数 N を求めると n の値とよく一致する。（第1表右端）これによって低温での移動度のふるまいには，点欠陥による散乱が主勢となつて働くことを証明している。

また，熱伝導率 \mathcal{K} については，測定値に 10°K 近辺で極大が認められるが，これを次のように解析している。熱抵抗を可能なフォノンの散乱過程から生ずる熱抵抗に分解する。

点欠陥による散乱	} 15°K 以上で主成分
Umklapp 過程	
粒界による散乱	} 15°K 以下で主成分
転移による散乱	
電子による散乱	

試料 5 を例にとり Mielczarek, Frederikse の InSb における考察にしたがって上のおのおのを計算し，実験値と比較し，定性的な一致を得た。この説明を熱起電力測定値の 10°K 近辺での極大（第4図試料 6, 7）に関連させて解析し，この極大は Phonon drag によるものであらうといている。

（鳩山委員，若宮欽一訳）

第 1 表

試料	化合物	結晶の状態	価移密度 (cm ⁻²)	R cm ² C ⁻¹	キャリア濃度 (cm ⁻³)	N(cm ⁻³)
1	PbS	天然結晶	—	—	7.5×10 ¹⁷	—
2	"	片塊状	—	—	5.9×10 ¹⁷	—
3	"	多結晶	3×10 ¹⁷	-10.6	7.5×10 ¹⁷	—
4	"	単結晶の集り	1.3×10 ¹⁷	-8.40	7.5×10 ¹⁷	—
5	PbS	人工結晶	1.2×10 ¹⁷	-73.1	8.5×10 ¹⁸	—
6	PbS	単結晶の集り	7.5×10 ¹⁸	+3.68	1.7×10 ¹⁸	4.74×10 ¹⁸
7	PbS+Ag	"	6.3×10 ¹⁸	+0.352	1.8×10 ¹⁸	1.48×10 ¹⁸
8	PbSe	"	1.9×10 ¹⁷	+1.16	5.4×10 ¹⁸	2.79×10 ¹⁸
9	PbTe	"	1.8×10 ¹⁸	+2.53	2.5×10 ¹⁸	1.30×10 ¹⁸

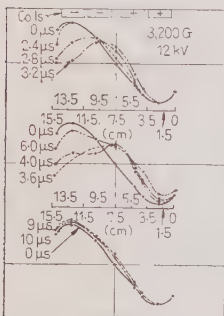
2・205. プラズマのカusp磁界への注入に関する実験

F. R. Scott & R. F. Wenzel: Experimental Plasma Flow into a Vacuum Magnetic Cusp Field. [Phys. Rev., Vol. 119, No. 4, Aug. 15, 1960, p. 1187~1188]

実験装置は第1図に示すとおりである。電磁弁を通して注入された少量の気体は、加熱、加速されて、真空の円筒の中にはいってゆく。円筒の途中に壁を作ると、プラズマは壁のところまでくると、せき止められて圧力が高くなるから、圧力に比例するスペクトル線の広がり、すなわち、圧力幅を観測することにより、円筒内を走るプラズマの速度が測定できる。重水素の場合について $(8.5 \pm 0.5) \times 10^6 \text{ cm/s}$ 、すなわち、60 eV という結果を得た。また、注入されたプラズマの温度は約 5 eV

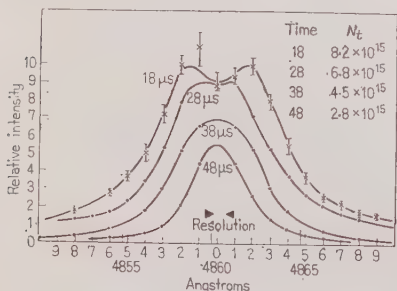
第1図

である。第2図はプラズマの注入によって磁界の軸方向成分がいかに変動するかを示すもので、測定は磁気探針による。上流の磁界が急激に弱くなることは導電性流体が貫入したことを示し、下流において磁界の変動が小さいことはこの流体が通過しないことを示す。



第2図

イオン密度を求めるために $D\beta$ 線を観測した結果が第3図である。第1図で(2)に印した場所で、第2図の場合と同じ条件のもとに測定した結果だけを掲げてある。注入後 16 μs で最



第3図

大値 8.5×10^{15} に達し、減衰の時定数は 13.5 μs である。不純物によるスペクトル線、すなわち、 Si^{IV} 、 Si^{III} 、 Si^{II} のスペクトル線を観測した結果、プラズマが器壁と接触することによって、電子温度は時定数 6 μs で急激に低下することが知られた。

(中野委員、斎藤 勉訳)

2・206. Ångström 法による半導体の温度伝導率測定

A. Green & L. E. J. Cowles: Measurement of Thermal Diffusivity of Semiconductors by Ångström's Method. [J. sci. Instrum., Vol. 37, No. 9, Sept., 1960, p. 349~351]

半無限長棒状試料中の温度波が正弦波として進行している場合、Ångström 法によると温度伝導率 k は

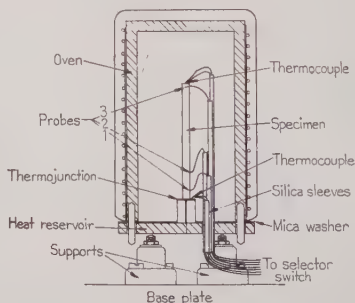
$$k = \frac{K}{\rho S} \cdot \frac{\pi L^2}{T \beta \ln \alpha} \quad (1)$$

ここで、 K : 熱伝導率、 ρ : 密度、 S : 比熱、 L : 測定点間の距離、 T : 加熱周期、 β : 温度波の位相差、 α : 同じく振幅比

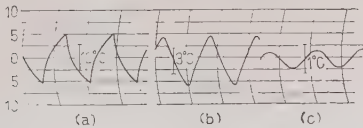
で示される。この方法に多少改良を加えたものは金属絶縁体および半導体に適用されている。ここではさらに測定精度を向上させるために、熱源の改良および Seebeck 効果の利用を試みている。

まず熱源として Ångström 法では抵抗線に断続電流を流しているが、この方法は非対称な温度波を発生するため偶数次の温度高調波を生ずる。この高調波の影響を除くためには熱源より遠い位置で測定しなくてはならないので、感度は低下する。さらに抵抗熱源では熱の時間平均を零にすることができない。そのため熱サイクルを行っている間に試料の平均温度は上昇し、一定のふいひ温度での測定は不可能である。ゆえにここでは熱電素子 (Bi_2Te_3) を用い、電流方向の反転により加熱および冷却を行い、対称な温度波を発生させている。また冷却も行えるので、熱サイクルの時間平均を零にすることができる。

次に、半導体では Seebeck 係数が一般に金属より高いことを利用して感度よく温度測定を行うことができ



第1図



第 2 図

第 1 表

Semiconductor	Bi ₂ Te ₃	PbTe	InAs	InSb	GaSb	GaAs	InP
Thermal diffusivity (cm ² /s)	0.014	0.015	0.15	0.086	0.14	0.25	0.17
(length) ² / Periodic time	0.59	0.63	6.3	3.6	5.9	10.6	7.2

る。ここではクロメル線を試料に瞬間溶接した接点を 3 個所設けて各点の熱起電力を比較測定している。第 1 図は装置、第 2 図は各点の測定結果を示す。これらの測定値を (1) 式に入れたと試料の温度伝導率が得られる。(第 1 表参照)

この測定で注意すべき点は

(1) 熱損をできるだけ少なくする。もし大きいと第 2 番目の接点の信号が小さくなり、また位相差も小さくなるので測定精度が下がる。

(2) (1) 式は半無限長試料に関する境界条件より導いたものであるから、熱源の反対側の端の温度変化は無視できる程度 (10⁻⁵°C) でなくてはならない。そのために試料の長さ、および熱サイクル周期を調節する。

(3) 接点の位置は温度波の高調波分の影響の少ない点に置かなくてはならない。

以上の方法により室温より 180° の間で、温度伝導率の大小にかかわらず正確に測定できると報告している。(北村委員、小田坂司訳)

2.207. アークの消滅に関する

理 論 的 考 察

Gerhard Frind: Über das Abklingen von Lichtbogen I. Theoretische Überlegungen. [Z. angew. Phys., Bd. 7, Heft 5, 1960, S. 231~237]

Cassie, Mayer, Browne, Schmidt らによって発展させたアークの動的理論からも明らかのように、消弧理論にとって特に重要なのはアークの時定数 θ である。消弧媒質としてのガスの種類によって θ の値がどのような影響をうけるかについて Browne らは興味ある結果を発表している。すなわち、熱的慣性で決まるアーク消滅速度からアーク時定数を確かめ、直径 19 mmφ の 1 A アークについて次の値を得ている。

ガスの種類	SF ₆	O ₂	CO ₂	air	N ₂	H ₂	He
θ (μs)	0.8	1.5	15	80	210	1	1

かようにガスの種類によって時定数が相違する原因は、ガスの分子結合エネルギーが異なるためであると考えられる。消弧ガスの分子結合エネルギーの大小によって、アーク柱の温度分布がどのように影響されるかにつき検討した結果、結合エネルギーの弱いガス体、たとえば O₂, S₂ ガスなどでは比較的小電流でもアーク中に高温の弧心が形成されるが、N₂ ガスのような分子結合の強いガス体では、大電流において初めて弧心が形成されることがわかった。

アーク時定数を求める手掛りとして Elenbaas-Heller の定常状態のエネルギー平衡式から出発して、理論的にアーク時定数を誘導し、アークコンダクタンスの消滅に対する時定数はただ

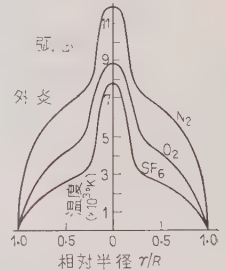
一つの時定数で表わされるものではなく、多数の時定数スペクトルとして表現されなければならないとしている。しかし近似的には二つの時定数で代表でき、小さいほうの時定数がアーク柱の弧心部の消滅に関係し、大きい時定数が弧心外周の外炎部の冷却に関係すると述べている。アーク弧心部の消滅に対する時定数は近似的に次式で表わされる。

$$\theta = \frac{\pi r_0^2}{2.40^2 \pi K}$$

ここに r_0 : アーク柱の導電部の半径, K : 温度伝導率

したがって時定数はアークの導電部断面積に比例し、温度伝導率に逆比例することがわかる。

(井手委員、富室祥三訳)

第 1 図 N₂, O₂, SF₆ ガス中のアーク柱の温度分布

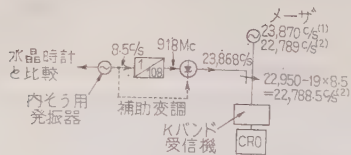
3.208. NH₃ メーザと Cs 線

共振器の周波数測定

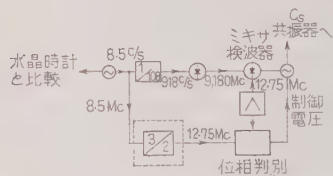
P. Kartaschoff: Die Messung der Frequenzen von NH₃-Maser-Oszillatoren und Cs-Strahl-Resonatoren. [Bull. Assoc. Suisse Elect., 51^{annee}, N° 20, 8. Oct., 1960, p. 1080~1082]

原子標準周波数に用いる原子時計は常時運転しているのではなく、水晶時計を定時間ごとに検定するのに用いられる。アンモニアメーザおよびセシウム線を用いたものが現在原子時計に利用されているが、これらの周波数はマイクロ波領域にあるので、メガサイクル領域にある水晶との比較が問題になる。ここではスイスの研究所で行っている方法を紹介している。

水晶時計の周波数の簡単な整数倍では、望む周波数との間に差がある。この差を補うのに (1) 周波数付



第1図 アンモニアメーザ用の周波数測定法



第2図 セシウム線用の周波数測定法

加と(2)中間発振器の使用、との2とおりがあるが、後の場合を用いている。中間発振器としては、8,500 kcの水晶発振器を用い、可変範囲は $\pm 3 \times 10^{-4}$ である。温度制御および安定度に特に注意している。

アンモニアメーザに用いる場合の立体図を第1図に示す。 N^3H_3 の場合(23,870.129 Mc)には、8.5 Mcを通倍して、918 Mcとし、何百でさらに26倍にして22,868 Mcにする。 N^3H_3 (22,789.422 Mc)のときには、鉱石で25倍倍を作る(22,950 Mc)が、このとき同時に鉱石を8.5 Mcで変調してその側帯波を使用し、22,788.5 Mcを取り出す。残りの差は中間発振器の周波数を変化し、ブラウン管上でビートを見ながら合わせ、水晶時計と中間発振器の周波数との比較は計数器を用いる。

第3図 セシウム共振器による自動制御法

セシウム線(9,192.6318 Mc)を共振器に用いたときは、アンモニアメーザと異なり受動的に用いる。この共振器の Q は 5.5×10^7 である。この場合は第2図に示すようにクリストロンの共振周波数(9192.75 Mc)を中間発振器で制御する。この共振が共振器の中心にあるように、中間発振器に30 c/sの周波数変調をかけ、第3図に示す回路を用いて自動制御をかける。

このようにして、 $\pm 10^{-11}$ の精度を得ている。

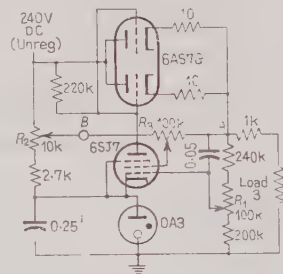
(鳩山委員、杉浦義一訳)

3.209. 計測用制御電源

W. V. Loebenstein: Regulated Power Supply for Instruments. [Electronics, Vol. 33, No. 48, Nov. 25, 1960, p. 132]

熱電対真空計のヒータ電源は $\pm 0.1\%$ の精度が必要であり、比較的簡単で経済的な調整器として、NBSのNavy's Handbook of Preferred Cct. No. 1(精度1%級)を改良して2年以上使用し、好結果を得ている。

回路は第1図のように、制御三極管、直流増幅五極管と直列の定電圧放電管よりなり、負荷は140 mA一定で、ヒータの性質上負荷変動がほとんどないと考えられる。改良点は、五極管のスクリーン電圧を R_2 、 R_3 の二つの電位差計で設定したことで、スクリーンを入力側に選ぶと過補償、出力側だと不足補償となる



第1図 熱電対ヒータ用定電流電源

ので、中間点を選ばなければならない。調整は、まず R_1 で負荷に定格電流が通じるようにA点の電位を決め、 R_2 でA、B間の電位を零とする。最後に R_3 の調整で、可変オートトランスで入力電圧を95~125 V($\pm 15\%$)の範囲内で慎重に動かしながら、出力電圧を零点調整付の記録計で0.1%以内にはいるように R_3 を選ぶ、この際補償の過不足がないよう数回試みる。

特長は、一般の R_2 、 R_3 を一つの電位差計で行う方式にくらべ、五極管の動作点が変わっても、 R_1 を調整する必要なく、リップルに対しより直線的な改善も期待される。実験結果では、入力電源の短時間変動約4%、ドリフト約8.5%で、長期間にわたり $\pm 0.1\%$ 以上の精度であった。(池田委員、中奥 篤訳)

3.210. 測定技術におけるトランジスタ; 特性と応用

Hellmut Schneider: Transistoren in der Meßtechnik, Eigenschaften und Anwendung. [Elektrotech. Z. (E.T.Z.)-A, 81. Jahrg., Heft 22, 24. Okt., 1960, S. 767~773]

測定装置において、真空管に代わってトランジスタを使用する場合に、その長所とともに短所もまた存在する。トランジスタを測定装置に応用する場合の可能性について、種々の紹介を行っている。

トランジスタの特性は真空管と比較して次の点で異なっている。

- (1) 残留電圧、残留抵抗が小さい。(2) 残留電流を有する。(3) 制御電力を必要とする。(4) 動作電圧が低く、出力電流は比較的大きい。(5) 補助電圧を必要としない。(6) 即時動作する。(7) 出力電流の温度に対する影響が大きい。(8) 結晶の温度に限界があり、最大許容電力損も温度に依存する。(9) 特性が真空管の特性ほど均一ではない。(10) 限界周波数が低い。
- (11) 残留抵抗が機械的接点の接触抵抗より大きい。(12) 開閉速度は機械的開閉器にくらべて速いが、真

空管にくらべて遅い。(13) 出力回路 (開閉回路) の影響が入力回路 (制御回路) に現われる。(14) 軽容積・軽重量。(15) 事実上無限の寿命。

これらの特性を考えて各種測定装置をグループに分け、それぞれについてトランジスタ化について適・不適を表にして示し、それぞれについて論じている。

たとえば電池電源による携帯用測定器および検査器については、トランジスタが軽重量、小容積、電流を少ししか必要としないこと、加熱と補助電源の不必要なこと、動作電圧が低い、即時に動作することなどのため、トランジスタ化することは非常に好ましい。また温度に対する特性の影響が大きいという欠点も、補償回路にトランジスタを用いた場合に上記の長所を有するため、この欠点は軽減される。この種の装置に用いられる直流電圧変圧器、音声周波増幅器についてもトランジスタは適している。

トランジスタが必ずしも有効に使用されていない例に、研究室用測定器がある。それは研究室に使用される測定器の種類があまりにも多く、そのトランジスタ化に対する研究開発費が多額を要し、またトランジスタの軽量・小形であることも、他の素子が大きいため全体の装置は大きくなり、長所と考えられなくなる場合が多いためである。また真空管の適当な時期に交換する必要があることも、研究室においてはさしたる負担にならず、トランジスタの寿命の長い点もさしたる長所とならない。温度補償も必要である。しかし、デジタル式数字計器、周波数発振器、ゲート開閉器などには、トランジスタが好んで使用されている。

このほか、医学用測定器、各種工業用測定器、各種増幅器についてのトランジスタ化について述べられている。(池田委員、関川幸夫訳)

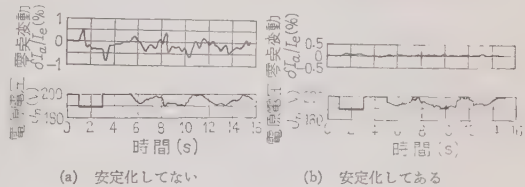
3-211. 測定技術における磁気増幅器の特性と応用

Roland Spühler: Eigenschaften und Verwendung von Magnetverstärkern in der Meßtechnik. [Elektrotech. Z. (E.T.Z.)-A, 81. Jahrg., Heft 22, 24. Okt., 1960, S. 773~779]

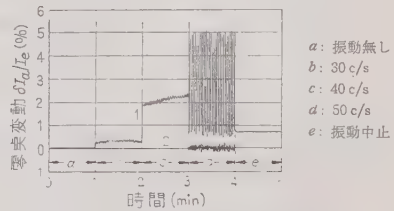
磁気増幅器の特性を計測技術の立場から検討し、測定精度との関係、安定度や直線性の向上などが述べられている。

磁気増幅器の応答速度は遅いので、高周波やパルス測定、機械振動の測定などは一般に不向きで、おもにプロセスの物理量たとえば温度、圧力、流量、水位など変化の遅いものに相当である。物理量は熱電対、光電池などトランスデューサにより、微小直流電圧に変換され、これを指示、記録させるために安定に増幅

する必要がある。磁気増幅器はドリフトの割合いふこと、寿命が長いことなどの理由で、上述のような計測用増幅器として有利である。また制御巻線を多く有し、多くの入力を互に絶縁して同時に加えうるといふ大きな特長をもっている。増幅の直線性は必ずしもよくないが、負帰還を行わせることにより改善される。熱電対の起電力増幅用に使用して直線性 0.5% になしうる。電源電圧の変動に対する安定度も負帰還により改善される。第1図はその改善の例を示してあ



第 1 図 電源電圧の変動による影響



第 2 図 機械的振動 (振幅 5 mm) による影響

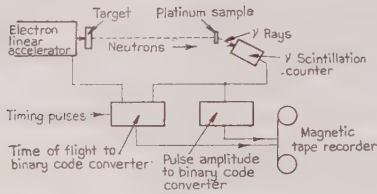
る。また特に微小電力の増幅に際しては、初段の磁気増幅器の鉄心に対する機械的衝撃による影響を受けるので、鉄心とコイルとを直接固定せず、特別の組わくとダンパで取り付けると安定する。第2図は振幅 5 mm の機械的振動を与えた場合のいろいろな振動周波数に対する零点変動を示したものである。以上のようにして、各種トランスデューサの微小出力電圧を、従来のようなチョッパ式の増幅器を用いることなく、0.5% 以下の誤差で安定に増幅でき、しかも長寿命であるという点を力説している。

(池田委員、楠井昭二訳)

3-212. 原子核研究用磁気テープデジタル記録装置

F. H. Wells, I. N. Hooton & J. G. Page: Magnetic Tape Digital Recording for Nuclear Research. [J. Brit. Instn Radio Engrs, Vol. 20, No. 10, Oct., 1960, p. 749~757]

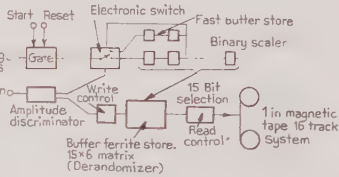
最近の中性子の相互作用についての原子核物理学の研究については、膨大なデータの測定、記録および計算が必要になってきており、実験の正確さの点からアナログ形よりもデジタル形の記録および計算が必要である。



第 1 図

代表的な実験装置は第 1 図のごとくで、この実験は中性子エネルギー 600 V までの白金の共鳴中性子から発する γ 線の高エネルギースペクトルの研究である。中性子は 6.5 m の距離を飛ばして、白金の試料に衝突し、全 γ 線はシンチレーションカウンタで検出され、パルスの振幅として γ 線のエネルギーを与え、一方、線形加速器から白金試料までの飛ばし時間が中性子エネルギーを与えるのである。各原子核反応の 2 コード記号は 16 トラック幅の磁気テープに 14 トラックを記録した。[γ 線のエネルギーに 6 digit (63 チャンネル) を、中性子エネルギーに 8 digit (255 チャンネル) を] それゆえに 16,065 個の γ 線と中性子の組み合わせを記録することができた。

この典型的な実験においてテープ記録方式の設計を左右する二つの興味ある点がある。



第 2 図

- 一つは緩衝記憶装置を設けることで、他の一つは誤差に関するものである。第 2 図は緩衝記録装置にフェライトのマトリクス装置を使用した中性子の“飛ばし時間”測定装置である。
- 解析機は記録されたテープを受けて、データをフェライトマトリクス記憶装置に蓄積し、デジタル計算機のパンチカードに読み取り計算される。
- このために磁気テープに要求される特性は次のとおりである。
- (1) テープの中心線とヘッドの固定点とは ± 0.003 in の精度が必要である。
 - (2) 200 ビットの記録密度をもった 1 in のテープの傾きは 0.0005 in 以下でなければならない。
 - (3) 記録速度は 1 in テープ方式では毎秒 0.25 ~ 7.5 in を、1/4 in テープの場合は毎秒 15/16 ~ 30 in の間を変化することができるようにする。
 - (4) 1 in テープ方式では 7,200 ft のテープが巻ける 4 in リールを使用する。
 - (5) 速度変動は記録装置に対しては 10 %、解析

機に対しては 5 % 裕度がある。

(6) テープの停止および起動に対しては、速いことは必要でなく数秒かかってよい。

などで、1 in テープ方式に対しては 1 in あたり 200 ビット (16 トラック)、1/4 in テープ方式に対しては 1 in あたり 400 ビット (4 トラック) の記録密度をもっている。

磁気テープへの書き込みと再生技術は、脱落の検出を容易にするように零復帰法を用いている。すなわち“0”は一方の極性のパルスで、“1”は逆の極性のパルスで書き込まれる。パルスの無いときは脱落を示し、それで異常が取り除ける。この誤差補正により 1/60 ビットという脱落特性を有するテープ方式の使用が可能である。

(井手委員、都築公男訳)

3.213. トムソン、ケルビンダブルブリッジの連結回路抵抗の影響を調整する方法

Danid Ramaley: A Method of Controlling the Effect of Resistance in the Link Circuit of the Thomson or Kelvin Double Bridge. [J. Res. Nat. Bur. Stand., Vol. 64 C, No. 4, Oct.-Dec., 1960, p. 267~270]

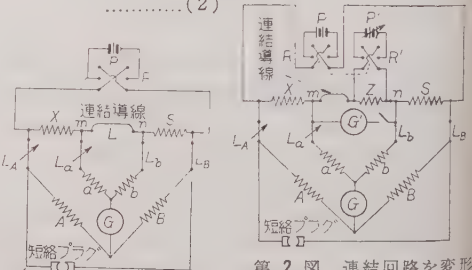
マイクロボルト電位差計など、熟しゅへいされた内に直列に接続され引き出せない低抵抗を、ダブルブリッジを用いて校正する場合、連結回路の抵抗が異常に高くなる場合がある。連結抵抗の影響を充分に小さくする方法について述べられている。

第 1 図は普通使われているダブルブリッジの回路である。X は被測定抵抗器、S は照合用の標準器、A, B, a および b は比例辺、L_A, L_B, L_a および L_b は接続導線、L は連結導線である。

$$\frac{A+L_A}{B+L_B} = \frac{A(1+g)}{B} \quad \frac{a+L_a}{b+L_b} = \frac{A(1+h)}{B}$$
$$-\frac{L(b+L_b)}{S(a+L_a+b+L_b+L)} = D \dots \dots \dots (1)$$

とおくと、ブリッジの平衡式は

$$X = \frac{SA[1+g+D(g-h)]}{B} \dots \dots \dots (2)$$



第 1 図 ダブルブリッジ

第 2 図 連結回路を変形したダブルブリッジ

となる。通常 $D \leq 1$ であるが、 L が大きくなり D の値が 10 にもなるときには、 $(g-h)$ をできるだけ小さくする必要があるが、ブリッジの感度上、限界がある。いま、 L に生じている電位差を E_L 、抵抗 X と S とに生じている電位差を E_X , E_S とすると、

$$\frac{E_L}{E_X + E_S} = \frac{I \cdot b - L_b}{S(a + L_a + b + L_b + L)} \dots\dots\dots (3)$$

となり，(1)～(3) 式より

$$X = \frac{SA}{B} \left[1 + q + \frac{E_L(q-h)}{E_X + E_S} \right] \dots\dots\dots (4)$$

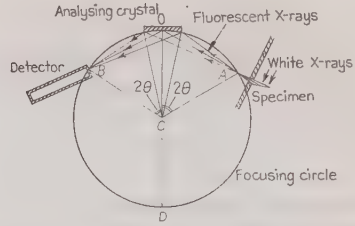
となる。それゆえに連結回路の電位差 E_L を減らせば、 L の大きさを減らしたことに実質的に同じである。このことは E_L と大きさ等しく極性の逆の電位差を連結回路に生じさせることによって遂行できる。第2図は上記の観点により変形されたダブルブリッジで、次の段階にしたがって調整される。(1) 電源 P と P' を入れ、 P' を変化させて補助検流計 G' を平衡させる、(2) 2組の比例辺をともに調節して主検流計 G を平衡させる、(3) 比例辺 A, B を短絡し、 L_a を調節して G を平衡させる、(4) 電源 P だけを切り離し、 L_a を調節して G' を平衡させる、(5) 再び第2段階にもどり平衡が大きくずれていた場合には3, 4の段階をくり返す。最終には $q + D(g - h)$ が無視されるほど小さくなり、比例辺 A と B の読みから X を計算する。本論文では式の誘導、および 0.001Ω の抵抗測定の事例について、30 ppm の正確度を要求されたときの注意などが述べられている。

(池田委員，岩本俊一訳)

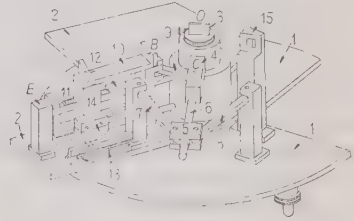
3-214. X線けい光分析による 遷移金属の成分決定

P. J. Brown : X-ray Fluorescence Method
for Determination of the Transition-Metal
Content in Very Small Specimens of Alloys.
[J. sci. Instrum., Vol. 37, No. 10, Oct.,
1960., p. 394~397]

材料中の成分を X 線けい光分析 によって行う場合に、試料中に成分元素が 1 個以上あるときには吸収が問題になり、直接の定量測定はできない。その場合に比較法が採用される。すなわち二元素からの特性 X 線の強度の比を測ることである。第 1 図はスペクトロメータの概要図である。Analysing crystal として LiF の (001) 面を径 $2R$ ($R=2.25$ in) にするように研磨してある。この結晶は Focusing circle の円周上にある。連続 X 線で照射された試料からけい光 X 線を発生し結晶により回折されて検出器 B に Focus するようになってゐる。第 2 図にスペクトロメータの見取図を示す。簡単のために、電動機は書いてないが、図 2 の上にある。Analysing crystal 3 は O の位置にあり、垂直軸の周囲で回転する。 $\angle AOB$ が変わるにつれて、



第 1 図 スペクトルメータ概要図



第 2 図 スペクトルメータ見取図

5 は棒 6 上をすべる。7 と 8 は等長のバーである。 C は Focusing circle の中心でバー 9 により B に連結される。かくして B は Focusing circle の円周上に維持される。検出器は荷台 10 上にのせられて、 OBE 方向に前後動できる。特定元素のけい光 X 線に相当する検出器荷台の位置はストップ 13 によりスケール上にマークすることができ、装置のストップはマイクロスイッチ 14 で動作される。検出器が O から離れると空気の吸収が効き、逆に O に近づけば、 O におけるギアボックスのため、 O への接近ができがたくなる。このため測定しうる X 線の波長は $3 \sim 1.1 \text{ \AA}$ の範囲で、この装置では記録紙上の 1 in は 0.014 \AA に相当する。ここでの定量測定は、けい光 X 線ピークの位置を一樣な速さで検出器がスイープして記録される全計数量を測定する。この場合、検出器はけい光 X 線ピークの中心に正確にある必要がないから、この装置の制御系は割合に簡単である。定量分析のためには標準試料を用いて検量曲線を求めておき、次に試料の測定を行って、この検量曲線から分析を行う。一例として $(\text{FeCu})\text{Al}_3$ の Fe-Cu の測定を示した。

(鳩山委員，石井善正訳)

3-215. 積算電気計器 (発達の展望)

G. F. Shotter: Electricity Meters, (A Review of Progress). (Proc. Instn. Elect. Engrs, Vol. 107, Pt. A, No. 35, Oct., 1960, p. 401~404)

1952 年に改訂 イギリス 規格 The Revised British Standard No. 37 “積算電気計器”の Pt. 1 および Pt. 2 が公表され、以後 Pt. 8 まで公表されている。それに応じて積算電気計器も種々改良され進歩もした。本文ではおもに旧規格と新規格とを対照しつつ、計器の

改良進歩について述べてある。以下おもなるものについて説明する。一般家庭用単相積算電力計について新旧を比較してみると、まず旧規格では精度の保証範囲“Accuracy range”としては定格値の $1/20 \sim 125\%$ と $1/20 \sim 200\%$ のいわゆる広範囲計器の 2 種であった。新規格ではこれを 1 本に統一し、Accuracy range を $60/1$ とした。これはたとえば旧 5 A 計器について述べると、新規格では定格値 5 A の $1/20$ からその 60 倍すなわち 15 A まだが Accuracy range であることを意味する。つまり 300% の広範囲にしたことになる。定格値の種類も旧規格では $2\frac{1}{2}$, 5, 10, 20/25, 50 および 100 A であったが、これを 10, 40, 80 A の 3 種にし Accuracy range の最大値とした。銘板の定格値もこれを記すこととし、この値が実際の最大値であることは、旧規格よりも合理的である。したがって Accuracy range の軽負荷限度は銘板表示値の $1/60$ である。また計器の新規定誤差は力率 1.0 で $\pm 2\%$ 、力率 0.5 では $+2\% \sim -2\frac{1}{2}\%$ である。

次に单相 2 線式前細計器 (B.S. 37 の Pt. 3) については定格値を 10, 40 A の 2 種と規定し、その誤差範囲は力率=1.0 では定格値の $1/30$ 以上で $+2\% \sim -3\%$ 、力率=0.5 では定格値の $1/15$ 以上で $+2\% \sim -3\frac{1}{2}\%$ となっている。

試験用標準計器 (B.S. 37 の Pt. 8) では、定格値については別に規定がないが、誤差については定格値の $5/4$ から $1/5$ までの小範囲について規定されてある。その他の性能に関しても厳密に規定されてある。

規格の Pt. 5 には最大需用表示器、Pt. 6 には直流積算電力計が規定されてある。

B.S. No. 37 では新計器の特性についてもわかりやすく説明してある。もっとも重要なものは計器の寿命である。制動磁石の劣化の問題はほとんど最近では解決され、それよりも可動部の摩擦増加が問題である。指針形計量器は最近よく設計され 0.5 dyne/cm の摩擦力である。動力省では現字形計量器を推奨しているので、この研究が行われ最近良好なものができた。寿命はもっとも影響をおよぼすものは下部軸受で、全回転数と寄生力によって劣化する。最近、特に寄生振動の少ない設計法が行われ寿命も延び、前は有効期限 7 年としていたが、これを 15 年に延長しようと述べてある。

(池田委員, 楠井昭二訳)

3・216. 筋肉の研究用容量 トランスデューサ

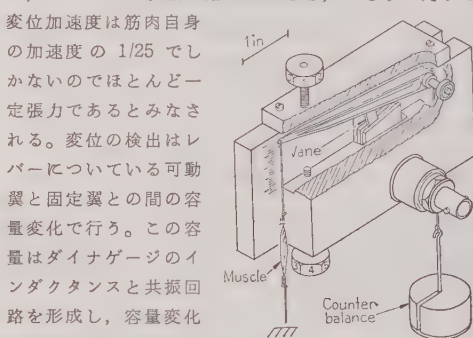
Myron O. Schilling: Capacitance Transducers for Muscle Research. [Rev. sci. Instrum., Vol. 31, No. 11, Nov., 1960, p. 1215 ~1217]

医学における筋肉収縮の研究用に作られたものである。筋肉の研究では二つの測定が行われる。その 1 は

収縮作用があったとき長さを短縮せず、一定の状態では張力を測定することである。その 2 は逆に張力を一定に保った状態で、長さの短縮状況を測定記録することである。

本論文で述べられている方法は、変位の検出を電気容量の変化によって行い、ダイナゲージ (インダクタンスとの共振周波数変化に変換し、ダイオード検出器により直流に変換する) によって検出増幅し、指示または記録させる方法である。一定張力の条件では 2.5 cm までの収縮量を直線性 1% にて測定でき、一定長さの条件に対しては $0 \sim 200 \text{ c/s}$, 5μ 以内の変位で 100 g までの張力を測定できる。

第 1 図は等張力トランスデューサのスケッチである。レバーはアルミニウム合金で一端は精密玉軸受で支持されている。特に慣性モーメントを小さくするようにふうしてあり、約 15 gcm^2 である。レバー比は 25 で、したがって収縮が始まったとき、おもりに対する変位加速度は筋肉自身の



第 1 図 等張力トランスデューサ

の加速度の $1/25$ でしかないのほとんど一定張力であるとみなされる。変位の検出はレバーについている可動翼と固定翼との間の容量変化で行う。この容量はダイナゲージのインダクタンスと共振回路を形成し、容量変化を共振周波数変化に変換する。ダイナゲージは応答周波数 $0 \sim 15,000 \text{ c/s}$, 直線性 $\pm 1\%$, 安定度 2 mV/h である。

トランスデューサの感度は 6 V/cm , 筋肉の収縮開放後の復帰速度は 300 cm/s である。

等長トランスデューサは前述のレバーの代わりに板ばねを使用し、変位はわずか 5μ 以内に押えてある。感度は 0.2 V/g である。

(池田委員, 楠井昭二訳)

3・217. トランジスタ式計数率計の設計

James F. Maryin, William D. Miller & Merle K. Loken: Transistorized Ratemeter Design. [Rev. sci. Instrum., Vol. 31, No. 11, Nov., 1960, p. 1238~1240]

放射性同位元素を利用して血液の循環に関する研究を行うために開発されたものである。循環器系に放射性同位元素を混入し、各要所の混入量を測定することによって循環器系統の様子を知ることができる。検出器はタリウム活性化炭化ナトリウムのシンチレーション結晶と 10 段光電子増倍管を組み合わせたものであ

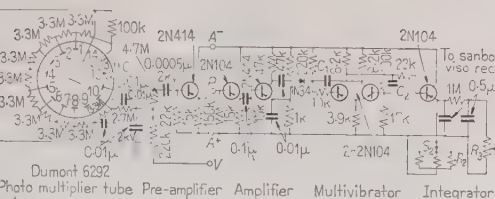
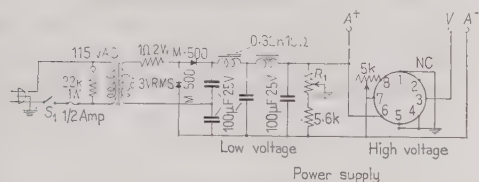


Photo multiplier tube Pre-amplifier Amplifier Multivibrator Integrator



C_1 : 感度調整, C_2 : 転流コンデンサ, R_1 : 中点の調整, R_2 : 目盛範囲の選択, R_3 : 感度調整, S_1 : 主スイッチ, S_2 : 目盛範囲の選択スイッチ

第 1 図 計数率計および電源の結線図

。これにトランジスタ増幅器, トランジスタマルチバイブレータおよび積分器を組み合わせ, 計数率計を構成する。第 1 図は本器の回路図である。図に示すようにエミッタフォロワ形のトランジスタ 1 石を検出器付属させ, ノイズリミッタの作用を行わせており, こまでを検出プローブとして後段に対しては約 12 の同軸ケーブルで接続する。2N104, 2N414 で増した後, 次のワンショットマルチバイブレータをトガする。マルチバイブレータ出力は一定の幅と高さパルスで, パルス幅は C_1 で可減できる。このパルスは次のエミッタフォロワ形積分器で積分される。 R_2 1MΩ の抵抗および 2 個の 0.5μF のコンデンサ積分される。 R_2 で測定目盛範囲を決める。本器の性能は温度特性として全目盛の 2% の誤差, 定周波数 2~3kc 以下であるが, 従来の真空管式に較して次の特長をあげている。(1) 消費電力少なくチャネルあたり 1W である。(2) スペースが小さ。(3) 損傷部品がない。(4) 寿命が長い。(5) 安定である。(池田委員, 楠井昭二訳)

3-218. 標準と電子測定に関する 会議 (特集号)

The 1960 Conference on Standards and Electronic Measurements. [Trans Inst. Radio Engrs on Instrumentation, Vol. I-9, No. 2, Sept., 1960, p. 70~297]

1960 年夏, アメリカボールドで行われた第 2 回標準と電子測定に関する会議 (Amer. Inst. Elect. Engrs, st. Radio Engrs および Nat. Bur. Stand. 共催) にいて発表された論文の集録で, 概要だけ 1, 本文 40 頁になる。次にその内容を概説する。

まず標準測定の現況, 将来における問題点に関する

昭和 36 年 5 月 (J.I.E.E.J.)

ものとして宇宙開発, 軍事と標準測定との関係を論じたものが 4 篇あり, このうちには航空宇宙工業会で実施した測定と校正に関する調査統計の報告がある。校正サービスに関するもの (2 件), 誤差を論じたもの (2 件) に続いて, 最近の周波数標準の現状, Nat. Bur. Stand. のセシウム標準, ルビジウム蒸気を用いた人工衛星用の周波数標準, パル研究所の水晶発振器, 超小形トランジスタ化水晶発振器, 海軍の VLF 送信などの周波数関係の論文が 7 件見られる。材料に関する測定法では強誘電体磁気の非直線性, マイクロ波領域におけるプラズマの伝導特性測定, マイクロ波表面インピーダンス, 表皮効果, 導電率, Q の標準測定, 9kMc の半導体固有抵抗測定, RF 誘電率計, 小球内のうず電流損によるマイクロ波固有抵抗の測定, 大信号におけるマイクロ波フェライトの測定, および振動試料の磁力計の 8 論文がある。

次にマイクロ波標準と校正に関するものとして, 方向性結合器の方向性測定法, マイクロ波電力計の相互比較法, 1,000° における黒体放射を利用した雑音源の精密測定, 高圧標準としての火花ギャップ, 変調副搬送波による位相測定, Reflectometer による導波管接続部の反射と損失測定の 6 件がある。

DC, 低周波関係では, ゼナー電圧基準の長期安定度の研究, 10kc までの低周波における標準変流器, Kelvin-Varley 分圧器の校正, 変成比の精密測定, LC 標準測定用変成器ブリッジの諸論文がある。高周波 (同軸) 標準については, イギリスの同軸アドミタンス標準についての Woods 氏の論文, 精密減衰器校正装置, 高周波電圧計の校正技術, 電力計仲介標準器, ボロメータの低周波応答誤差, 温度補償マイクロワット計などである。以上全体を通じて 18 論文の著者は Nat. Bur. Stand. の人である。

(池田委員, 大森俊一訳)

4-219. 薄層接合層—極小回路に おける新しい概念

J. E. Allegretti & D. J. Shombert: Laminar Junction Layers—New Concept in Micro-circuits. [Electronics, Vol. 33, No. 49, Dec. 2, 1960, p. 55~57]

揮発性のシリコン誘導体を気相で水素還元し, シリコン下地の上に Si の単結晶層をつけるという新技術によって, 複雑な固体装置が作れるようになった。各成長層の伝導性, 固有抵抗, 厚みを適当に制御して, 単結晶中に, いろいろの半導体装置を作り込むことができる。この方法で, いままでの接合形成技術ででき

(137)

わち回転スイッチ S_1 の機構は第2図のような79個のダイオードスイッチ回路およびこれを駆動するトランジスタフリップフロップ回路によって置き換えられている。また回転スイッチ S_2 の代わりにミラー積分回路によって発生されたのこぎり状波電圧でオシログラフの水平偏向を与えている。この掃引時間は約40msである。これらの動作について詳細に説明されている。

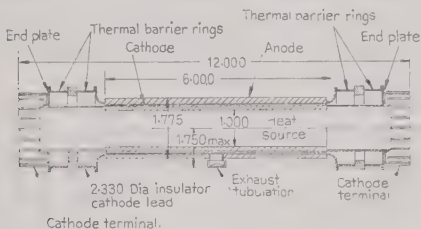
このスイッチ機構の改良により、音響の実験で特に重大な影響をおよぼす機械的雑音を全く消すことができ、また長期動作中の回転スイッチにおいて生ずる接触不良の欠点を無くすることができたことが強調されている。なお装置がプリント配線されていることも初期の形と異なる点である。(沢田委員, 渡辺真吾訳)

4.221. 熱電子発電機の構造

F. G. Block, F. H. Corregan, G. Y. Eastman, J. R. Fendley, K. G. Hernqvist & E. J. Hills: Construction of a Thermionic Energy Converter. [Proc. Inst. Radio Engrs, Vol. 48, No. 11, Nov., 1960, p. 1846~1852]

熱エネルギーを直接電気に変換する熱電子発電機(TEC)の原理については何人かの研究者によって手がけられている。

この報告は、セシウム蒸気形の TEC に関する一般の構造および性能について、第1図に示す陰極と熱源を陽極がとり巻いた同軸形の素子を例に取って、解明したものである。



第1図 円筒構造の熱電子発電機

その構造から見ると、TEC は電子管に非常によく似ていて、メタル-セラミック封着のような従来の電子管製造技術をそのまま応用することができる。従来の電子管と TEC のもっとも大きい差は、陰極加熱の方法であり、特に熱源が装置の外側にある場合、陰極とその支持体が装置の容器になるために陰極支持体の構造がおもな問題の一つになる。その他の問題としては、内部電流による磁界の効果、陰極、陽極およびその他の構造材料の選定などがある。

第1図の装置では、(1) 陰極は純モリブデン棒から削り出し末端の肉厚は0.013inにする、タンタルカソードの場合はタンタル管をモリブデン管の上に圧着する、(2) エンドプレートは厚さ0.020inのモリブデ

第1表 TEC の試験結果
(モリブデンカソード)

	測定値	最適負荷に換算	理論値
陰極温度 (°K)	2,525		
陽極温度 (°C)	150~250		
電 流 (A)	164		
電流密度 (A/cm ²)	1.1		1.1
負荷抵抗 (Ω)	0.01		
電 圧 (V)	1.64	~2	
出力電力 (W)	269	328	328
入力電力 (W)			
ヒータ	3,200		
電子衝撃	6,900		7,596
合 計	10,100		
効 率 (%)	2.7	3.25	4.1

ン板、(3) サーマルバリアリングはセラミック絶縁体の熱膨張に合い、熱伝導度が小さくなるように厚さ0.030inのコパー板、(4) セラミック絶縁体はハイアルミナセラミック、(5) 陽極は OFHC を使用している。

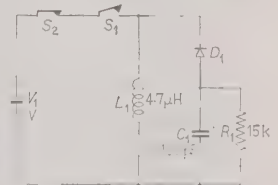
以上の素子を真空ベルジヤに入れ、陰極を電子衝撃とヒータで同時に加熱して得た試験結果を第1表に示した。(池沢委員, 黒岩 典訳)

5.222. 高速トランジスタ式時間-パルス高変換器

G. Gulligan & N. H. Lipman: Fast Transistorized Time-to-Pulse-Height Converter. [Rev. sci. Instrum., Vol. 31, No. 11, Nov., 1960, p. 1209~1214]

いくつかの関係ある現象の遅延時間スペクトルを測定し、その性質を調べる必要のある場合がある。そのような場合に、この装置は有効である。この装置は、CERN(European Organization for Nuclear Research)の Synchro-cyclotron と Proton synchrotron において、一定の運動量の粒子ビームの飛行時間により、質量スペクトルを求めるために設計された。

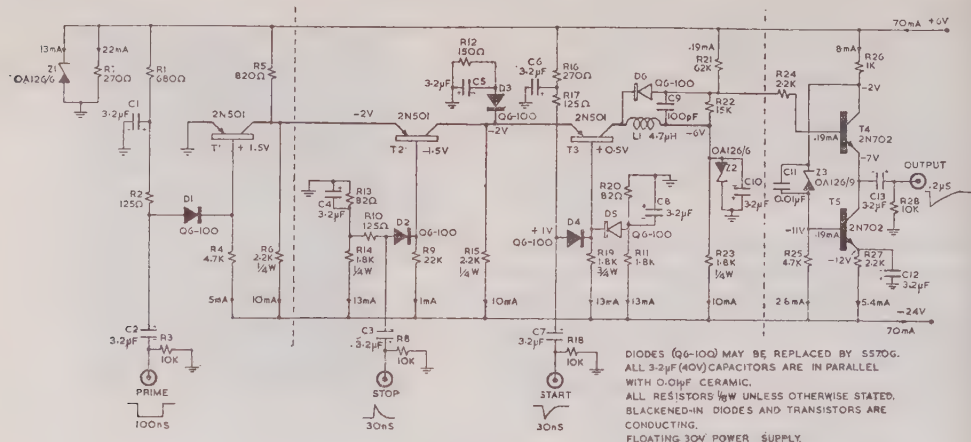
第1図はその原理図で、スタートパルス S_1 とストップパルス S_2 との間の時間に比例した出力電圧をうることができる。スタートパルス



第1図

S_1 が閉じた後、 L_1 の電流は直線的 ($di/dt = V_1/L_1$) に上昇し、ストップパルス S_2 が開いたときの電流 i_f は

$$i_f = (V_1/L_1)t$$



第 2 図

である。 S_2 が開くと、 D_1 は導通し C_1 に電流が流れ、 L_1 のエネルギーの大部分が C_1 に移るものとする、 C_1 の最大電圧を V_p とすれば、次の近似式を得る。

$$\frac{1}{2} C_1 V_p^2 = \frac{1}{2} L_1 i^2 - \frac{1}{2} L_1 \left(V_1 / L_1 t \right)^2$$

ゆえに $V_p = [V_1 / (L_1 C_1)^{1/2}] t$

実際にはこの値より低くなる。 L_1 は漂遊容量により発振するが、 D_1 は導通を止めるために C_1 に影響をおよぼさない。したがって出力パルスの波高 V_p はスタートパルスとストップパルスの間隔に比例する。

第2図は装置の主要な部分の回路図である。スイッチングトランジスタには Philco 2N 501 を使用している。プライムパルスはゲートの役割をし、プライムパルスのある間にスタートパルスとストップパルスのあったときだけ出力パルスを得ることができる。いま $-5V$ の 100ns ($1\text{ns} \sim 10\%$)のプライムパルスが与えられると、 T_1 をオンにし、 T_2 のエミッタの電位をアース側に引き T_2 をオンにする。このため T_3 のエミッタもアース側に引かれるが、ベースに $+0.5V$ 与えられているため、 T_3 は負のスタートパルスがくるまでオフである。負のスタートパルスにより、 T_1 、 T_2 、 T_3 はオンとなり、 L_1 の一端はアースに接続され、 $-6V$ の電圧が与えられる。 T_2 のベースに正のストップパルスが与えられ、 T_2 はオフとなるまでこの状態は継続する。 C_9 の電圧は T_4 、 T_5 を通して、 125Ω の同軸ケーブルに供給される。

この装置を CERN の Synchro-cyclotron に取り付け、電子、 μ 中間子、 π 中間子などの分離に使用した実験結果の例も少し紹介されている。

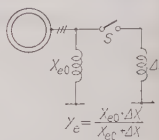
(池田委員、関川幸夫訳)

6.223. 無効負荷または長距離送電線 を投入またはしゃ断時の同期 発電機の電圧変動率

Th. Laible: Voltage Regulation of a Synchronous Generator when Switching Wattless Loads or Long Transmission Lines. [Bull. Oerlikon, No. 340, June, 1960, p. 58~67]

本論文では、負荷の変動による大容量発電機の電圧変動に関する理論式を導き、実際の数値を代入して計算した結果と試験結果とを比較検討している。理論式は最初の式とラプラス変換を用いて解いたその結果だけが示されているので、その間の計算手順を知るには他の文献を参照する必要がある。

無効負荷を投入した場合の電圧変動を、誘導負荷、集中容量負荷、分布容量負荷の3種に分けて取り扱っているが、一例として誘導負荷変動の場合をとる。第1図に示すように、 X_{eo} なる誘導負荷を負っている発電機が急に Δx だけ負荷を増したときの電圧変動を考えてみる。



第 1 図

式の誘導は省略して次に実例を示す。

Lünsersee 発電所

$$X_d = 0.839, X_q = 0.492, X_d' = 0.226 \text{ 単位法)}$$

$$X_d'' = 0.146, X_q'' = 0.136, r = 0.003$$

$$T_{do'} = 7.45 \text{ s}, T_{do''} = 0.11 \text{ s}, T_{d0'''} = 0.27 \text{ s}$$

$$\text{誘導負荷 } x_e = 1.25, r_e = 0.006$$

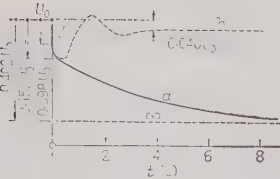
第1表に誘導負荷変動による電圧変動を示す。

次に第2図にその電圧軌跡を示す。

第1表より同じ電圧変動については、負荷を負っている発電機のほうが無負荷のものよりも害が少ないこ

第 1 表

	No-load to full-load (%)	No-load to half-load (%)	Half-load to full-load (%)
First step (Δu) ₀	9.81	5.16	4.91
Initial value (Δu)'	15.31	8.29	7.66
Final value (Δu) _∞	40.16	25.13	20.08



第 2 図

とがわかる。長距離送電線の充電する場合、これを集中容量で置き換えうるのは最初の数サイクル経過した後からで、過渡状態では分布容量として取り扱わなければならない。この場合、式が複雑になるので減衰項は無視して考えている。

負荷をしゃ断する場合の電圧変動については、理論式は初期値だけ注意すれば投入の場合と変わらない。

受電端で負荷をしゃ断した場合の電圧変動については、これを 2 段階に分けて式を導くとつこうがよい。すなわち第 1 段階では発電機は一定起電力とリアクタンスの簡単な等価回路で置き換え、送電線に関する式は、過渡状態を考慮した正確な式を用いる。第 2 段階では、発電機の過渡現象が重要であり、送電線は集中容量として扱う。この場合、速度変化を考慮しなければならない。原動機や調速機の特性により式が非常に複雑になるので、速度変化は他の変化量にくらべて非常に遅く一定として式を導き、最終値にだけこれを考慮している。

最後に 2 回線送電線の充電電流の他回線への影響について述べ、交さの行われていない 2 回路間に容量結合だけを考慮した式を導き、実例をあげている。

(井手委員, 堀田 明記)

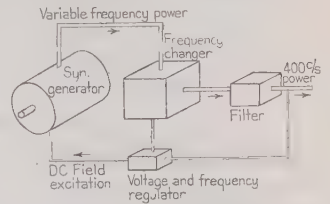
6.224. 変速軸に直結の高精度周波数発電

K. M. Chirgwin, L. J. Stratton & J. R. Toth: Precise-Frequency Power Generation from an Unregulated Shaft. [A.I.E.E. Paper, 60-989; Applic. and Industr., No. 52, Jan., 1961, p. 442~450]

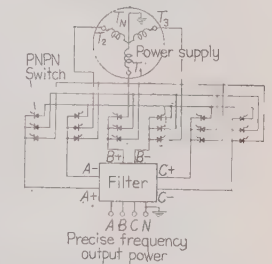
航空機タービン軸に直結の主要発電器として諸種の要望条件がある。この電力系の周波数変化の精度の向上が目的で、そのためにはかご形誘導機を使った同期系の利用が必要であると判明した。そしてこの種発電器は半導体を使った周波数変換器と同期機との組み

合わせから構成された。本文は回転軸の速度変化で周波数が必然的に変わる電力を半導体周波数変換器を経由して高精度の定周波数電力系を作った実用例の論文である。この方法内での整流器と変換器の部分は直流連結形周波数変換器に属するものであるため、交流電力は一度直流電力に、さらに所望の交流周波数に変換される。かかるものには若干の不利はあるが、この周波数変換器は

いずれの方向にも電流を通し、任意の力率の負荷をとることができ。第 1 図は本システムの構成図であり、第 2 図は周波数変換器の回路を示す。18 個の P-N-P-N シリコン整流素子よりなり、素子は閉開を行うスイッチで、三相半波回路、6 群よりなり、そのうち半群が $A_+B_+C_+$ の正群、残りが $A_-B_-C_-$ の負群で前者は正の 1/2 サイクルの間、後者は負の 1/2 サイクルの間



第 1 図 システムの構成図



第 2 図 周波数変換器回路

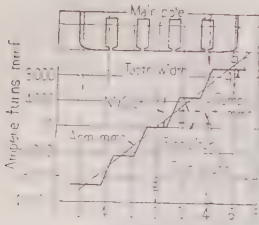
それぞれ通電する。そして出力周波数は正、負各群の通電しうる時間長で決められる。本文内にはブラシ無し発電機の分解、切断面が紹介され、さらに本系統の特長があげてある。(1) 回転軸速度が変わっても出力周波数の変化は少なく、その精度は基準のものと同程度であり、出力周波数則は 60, 400, 1,600, 3,200 c/s である。(2) 軸直結のため軽量化するし、50,000 rpm で 20 kVA の定格のものでできる。100,000 rpm で数キロボルトアンペアとなる。(3) 本系統は遅れ無効負荷をもとるので電動機の起動、短絡耐量に対処しうる特性もある。さらにこの系統の応用と付録には数学的取り扱いをした入力電流波形の解析が載っている。

(山田委員, 加藤又彦記)

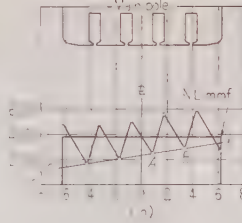
6.225. 電機子歯の脈動うず電流

M. J. Pasculle: Armature Tooth Pulsations Eddy Current. [Pwr Apparatus and Syst., No. 50, Oct., 1960, p. 612~618]

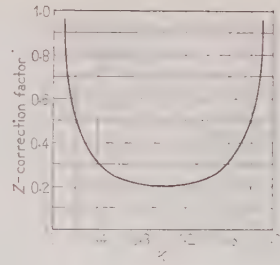
直流機の漂遊負荷損は、機械定格の 1% が標準となっているが、本論文ではその中の一つの成分を数学的に解析して求めている。補償巻線と電機子の起磁力は相殺するように配置されているが、相殺され残った起磁力により電機子の歯に生ずる磁束脈動を計算



第 1 図 全負荷時の電機子
および補償起磁力

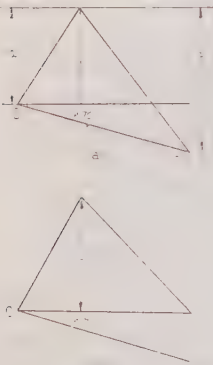


第 2 図 全負荷時の
合成起磁力



第 4 図 修正係数

し、これによる電機子歯内のうず電流損を計算した。
補償巻線内の電流分布が均一であるとすれば、補償
巻線による起磁力は第 1 図に示すようなジグザク形と
なり、電機子起磁力のほうは回転しているため平均と
して直線と考えられる。



第 3 図 起磁力の波形

両者の差が残存起磁力であり、これがギャップ、
電機子および補償の歯の
所要起磁力と重ね合わ
さって作用することとなる。
第 2 図が合成起磁力
を示すが、これはまた実
際の機械についてオシロ
グラムにより調べたもの
と一致している。起磁力
の脈動分は三角波とな
り、第 3 図 (a) であるが、
これを解析に便なるよう、
(b) のように底辺の
水平な三角形と直線 OP
に分けて考えた。O~K 間は
補償スロット幅に相当する時間である。起磁力から電
機子歯の磁束脈動への換算はギャップおよび歯の飽和
曲線を用いて比較的簡単にできる。

うず電流損は次式より求めた。

$$W_{\text{ed}} = 1.6 \times 10^{-4} \times B_{\text{TM}}^2 \times Z \times \rho \times W \times \ln 3$$

t : 電機子鉄板厚, f : 脈動周波数, B_{TM} : 電
機子歯中心磁束密度, ρ : 鉄板の固有抵抗,
 Z : 非正弦波に対する修正係数

Z に対しては三角波をフーリエ分析し、各調波ごと
に求めたものの和とすればよい。この計算には計算機

第 1 表 定格負荷 200 % 基底速度
での計算結果

HP	rpm	200 % 基底速度	f	W_L (kW)	1 % 負荷損 (kW)	負荷損に 対する W_L (%)
3,000	40/100	80	207	1.62	22.4	7.23
5,000	105/210	210	587	3.82	37.3	10.24
6,000	50/120	100	241	2.64	44.7	5.9
7,000	40/100	80	195	3.22	52.2	6.16
2,500	90/180	180	394	1.35	18.65	7.23
3,000	125/250	250	359	1.61	22.4	7.2

を使用し、種々の K に対する Z の値を第 4 図で示
した。三角波の直流分と第 3 図 (b) の OP は、周波数
が小さいから全体に対して 1 % 以上の値とならず省
略できる。また飽和の影響も電動機の基底速度では振
幅も小さく周波数も小さいから、ここでは基底の 200
% 以上の速度だけを対象とした。

全損失は W_{e} に極弧下の電機子歯の容積を掛けられ
ば求められる。

各種の機械について求めた値を第 1 表に示す。だい
たい規約漂遊負荷損 (1 %) の 6~10 % となった。

将来は漂遊負荷損についても、種々の成分を分離
し、その計算方法を確立することが必要であろう。

(清水委員、鈴木慶三訳)

6.226. 縦続接続試験用変圧器の 電圧分布計算法

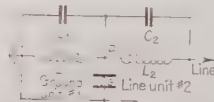
H. E. Schaffer: A Method of Calculating
the Voltage Distribution of Cascade-Connected
Testing Transformers. [Pwr Apparatus and
Syst. No. 37, Oct., 1960, p. 771~777]

2 台縦続および 3 台縦続の試験用変圧器について、
等価回路により大地と各接続端子間および各器間のサ
ージに対する電圧分布計算法を誘導し、実測例と比較
している。

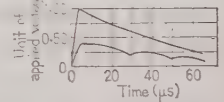
2 台縦続接続の例をとると、等価回路を簡単化すれ
ば第 1 図が得られる。タンクと大地間あるいはタンク
相互間の静電容量計算には、等しい表面積を基準とし
た等価的な球による方法が利用されている。第 1 図で
方波電圧 E が印加されたときの接続点 p の電位は、

$$e_p = \left\{ \frac{L_1}{L_1 - L_2} - \left(\frac{L_1}{L_1 - L_2} - \frac{C_2}{C_1 - C_2 - C_G} \right) \cos \frac{2\pi t}{T} \right\} E$$

$$\text{振動周期 } T = 2\pi \sqrt{(C_1 + C_2 + C_G) \frac{L_1 L_2}{L_1 - L_2}} \quad \mu\text{s}$$



第 1 図



第 2 図

高圧縦続接続試験用変圧器は、定格電圧が同じくらの電力用変圧器にくらべ非常に大きなインダクタンスと容量を有しているの
で、振動の周期は電力用
変圧器単器の場合より
50 ないし 100 倍も長い。
それゆえ $1.5 \times 40 \mu\text{s}$ の
標準波が印加された場
合、接続点の波形はほぼ非振動の減衰波形となり最大
値は印加瞬時となる。したがって接続点の対地最大電
位は $E_{T0} = C_2 E / (C_1 + C_2 + C_G)$ 線路に対する最大電位
は $E_p = E - E_{T0}$ である。

単相、60 c/s、350 kVA、350 kV の例では $C_1 = 715 \mu\text{F}$ 、 $C_2 = 570 \mu\text{F}$ 、 $C_G = 264 \mu\text{F}$ 、 $L_1 - L_2 = 64.5 \text{ H}$ で、 $E_{T0} = 0.37 E$ 、 $T = 1,400 \mu\text{s}$ となる。実測は第 2 図の
とおりで、第 3 図のようにさい断波の場合も検討され
ている。

上記と同様な変圧器 3 台接続の場合、結果だけを引
用すれば、線路側の接続点では $E_{T0} = 0.41 E$ 、 $T = 1,570 \mu\text{s}$ 、大地側の接続点では $E_{T0} = 0.17 E$ 、 $T = 1,550 \mu\text{s}$ となっている。

討論において、分布定数回路を集中等価回路にもつ
てくる考え方および変圧器タンクの静電容量を球に置
き換えて計算する方法を問題としている。

(清水委員、大久保善文訳)

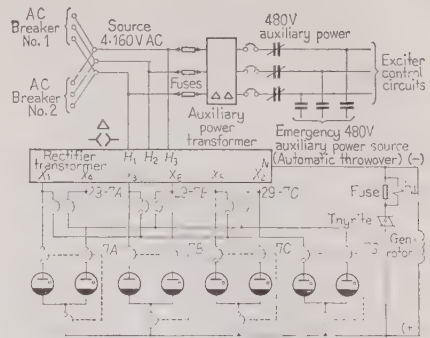
6・227. 電子励磁器の好運転経験

R. C. Buell & J. M. Kerr: Experience

Justifies Electronic Excitation. [Elect. Wld,
Vol. 154, No. 25, Dec. 19, 1960, p. 50~51]

本文は、水冷式イグナイトロン整流器を使った静止
形励磁器をタービン発電機用に使用した実績と新規採
用の理由、同回路および特長を記述したものである。
この種のものは 1948 年に試験され、続いて 180 kW、
250 V の励磁器が Penelec's Front St. の 62,500 kVA
の発電機に、360 kW、375 V 2 台のイグナイトロンで
Shawville の No. 1, No. 2 号機の 156,250 kVA に、
さらに 400 kW、370 V の励磁器が Seward の No. 5
号機の 183,824 kVA のものに続いて、今回 1,000 kW
2 台の静止形励磁器が Shawville 発電所の 220,000
kVA No. 3, No. 4 号機にそれぞれ設置された。この
静止形励磁器は 3~12 年間の運転経験を経て下記の
理由により選定された。

(1) 励磁器用電力は発電所補助母線から帰電される
のでいつでも確保できる状況にある。(2) よって電力
系統のじょう乱時にも運転しうる。(3) 保守費は少な
く、監視が容易であり、監視を要するのは系統じょう
乱時と発電機負荷変化時だけである。(4) すえ付け、
配置は自由であり、M-G セットと外形寸法に差はな
い。(5) 調整、制御は容易で信頼性がある。(6) 損失



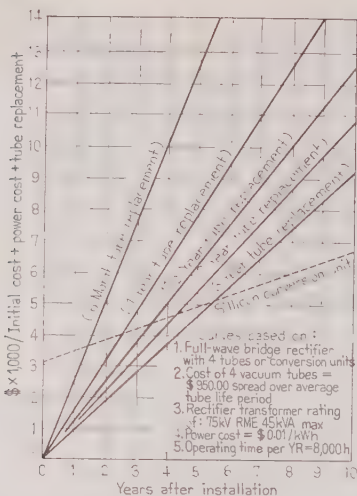
第 1 図

は M-G にくらべて 5~7% 少ない。(7) 2 本予備の
イグナイトロンと点弧回路とは補助的、予備的作用を
し、切り換えが容易にできる。第 1 図は 220,000 kVA
発電機の 1,000 kW 励磁器の単線結線図である。8
本の水冷式イグナイトロン、陽性しゃ断器、切り換え用
しゃ断器、整流器用変圧器からなり、キュービクルにそ
う入れられている。励磁器の直流電圧出力は電力系短絡
時約 35% に下がるが励磁は続けられる方式であり、
また最大励磁頂上電圧-時間 限度は、導体直冷式発電
機では高温に達する以前に励磁を下げる方法がとられ
ている。予備の 2 本のイグナイトロンは残り 3 組のも
のが不良のとき自動的に正規運転にはいる。逆弧発生
時には陽極しゃ断器を 3 回再投入後鎖定する方式がと
られ、万全が期されている。(山田委員、加藤又彦訳)

6・228. シリコン整流器の経済性

G. A. Stone: Silicon Rectifier Offers Sav-
ings. [Elect. Wld, Vol. 155, No. 4, Jan. 23,
1961, p. 54~55]

本文は集じん装置用直流高圧発生電源に対する新形
シリコン整流器による更新法と、その経済的利点を在
来の真空管使用装置および機械的整流機と比較して論
じたものである。シリコン整流器ユニットとして多数
の整流素子を直列にし、コンデンサを個々並列接続し
て電圧分割したものを絶縁液を入れてセラミック密封
した円筒形とする。このユニットは従来の真空整流管
を使ったものの現代化にそのまま役立ち、変圧器も制
御盤もそのまま流用しうる利点がある。しかしシリ
コン整流器ユニット自体は直径、長さともにシリコンの
放熱片を勘案してもそっくりそのまま真空管と取り換
えられるが、いくぶん重量は重い。またフィラメント
変圧器がなく、寿命では真空管は毎年または 2 個年に
一度は取り換える必要がある。そのため効率やシリ
コン整流器にくらべて悪いばかりか、運転費も 70% 高と
なっている。高圧真空管-シリコン整流器運転の経済
的比較を第 1 図に示す。またシリコン整流器は機械的



第 1 図 集じん装置に対するシリコン真空管式整流器の運転費の比較

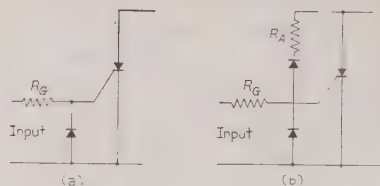
整流器にくらべて床面積は少なく、雑音の発生、電極スパークによる汚れやオゾンの発生も少なく、人体への影響が少ない特長があると述べて小電流、高圧用シリコン整流器ユニットの写真をのせて説明している。

(山田委員、加藤又彦訳)

6.229. SCR の通電条件

E. E. Moyer & A. Schmidt, Jr.: Excitation Requirements for Silicon Controlled Rectifiers. [Elect. Manufng, Sept., 1960, p. 127~131]

本文は出力電圧を制御する整流器の一般特性と、制御電極付シリコン整流素子による新形整流器の特性とを点弧、主回路、電流・電圧定格、位相制御、直並列運転などにつき分析し、在来のサイラトロンと比較したものである。低電圧、大電流用の整流器に対しては陽極電流定格、同電圧定格について記述しており、従来の整流器は通電時間と主回路方式とでは陽極電流定格はあまり変わらなかったが、その点大きく相違していること。また $1/2$ サイクル以下のサージ電流ピーク値を定格事項に導入したことを述べている。ある製造者は I_{90} 定格を短いパルス電流に対して規定することを提案している。SCR の実用平均電流値は約 50 A である。SCR のブレイクオーバー電圧 (V_{bo}) は順方向での制御能が失われる電圧で、P-N 素子の PIV に似たものである。SCR の PIV は最大 400 V でこの定格逆耐電圧値と実運転時の PRV との比は 3 程度にするのが一般であり、位相制御の度合と V_{bo} の値は SCR の PIV 定格に、またゲート回路条件により左右される。ゲート回路の諸特性につき論述してあるが、そのうち第 1 図 (a) (b) のバイアスおよびクランピング回



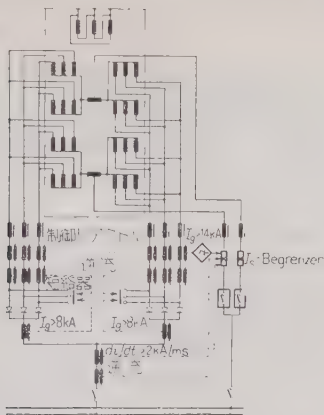
第 1 図

路は注目に値する。なお SCR の直、並列運転は現在のところリアクトル、コンデンサ、抵抗類をそれぞれそう入して電流平衡をはからなくてはならない状況にあること。位相制御も電動機の起動、インバータ運転時の制御角 120° ~ 150° 程度で所望の電流を各 SCR 平衡状況下で通さなくてはならない点が技術的問題であるとしている。最後に過渡状況下の運転に必要な保護方式と回路方式にふれ、なかでもゲート回路の時間的均一性とゲート電圧が SCR の陽極に逆電圧が印加している間は絶対正になってはいけない。しかし短絡事故が発生し通電期間が延びたときはまた別の問題であるとしている。本文内容の詳細については設計者の一読をおすすめる。(山田委員、加藤又彦訳)

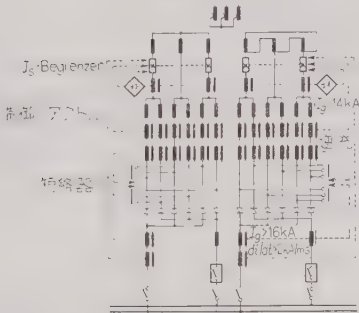
6.230. 電解装置用半導体整流器の短絡保護

Hermann Gatz: Der Kurzschlußschutz von Halbleiter-Gleichrichtern in Elektrolyseanlagen. (Elektrotech. Z. (E.T.Z.)-A, 81. Jahrg., Heft 20 21, 26. Sept., 1960, S. 729~735]

975 V, 7 kA 24 陽極水銀整流器 6 台を使用した電解設備の 1 台をシリコン整流器に整流器用変圧器を流用して置換した実施例 (第 1 図) および 2×7 kA シリコン整流器の増設例 (第 2 図) で、両者とも I_s -Begrenzer を使用して水銀整流器との並列運転を経済的にかつ技術的に満足に行う保護方法を論じている。第 1 図では既設旧形高速度直流シャ断器と直列に I_s -Begrenzer を設置し、直列接続された整流素子 6 個が同時に破壊すると同時に直流側よりの逆流は I_s -Begrenzer で阻止し、水銀整流器の逆弧がもたらすシリコン整流器の外部短絡に対しては、各整流素子と直列にある過電流検出器で I_s -Begrenzer を動作させ、短絡器は Back up として使用する。直流母線短絡の急しゅんな電流立上りを di/dt 検出器で検出し、 I_s -Begrenzer を動作させる。第 2 図では三相ブリッジ回路 2 群よりなり、 I_s -Begrenzer は R, T 相に設置され、同時に動作する。内部短絡の場合は各整流素子と直列にある逆流検出器で I_s -Begrenzer を動作させ、短絡電流が減少し始めてのち短絡器を落し、三相短絡の状態で I_s -Begrenzer のヒューズを熔断する。外部短絡の場合は I_s -Begrenzer がシャ断した後、Back up として短絡器が働く。プリ



第 1 図 975 V, 7 kA 相間リアクトル付
二重星形結線シリコン整流器
保護装置付結線図



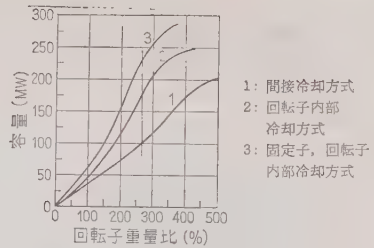
第 2 図 975 V, 2×7 kA ブリッジ結線
シリコン整流器保護装置付結線図

ッジ回路アームの2個同時内部短絡がもたらす直流側よりの逆流に対しては、直流リアクトルでその立上りを抑え、最新形高速度直流シャ断器でシャ断する。並列運転している水銀整流器群の陽極回路に逆流阻止用 I_g -Begrenzer を設置すれば、一つの整流器が逆弧した場合に得損倒しになる危険もない保護方式になる。(清水委員, 岡野 修沢)

6・231. 直接冷却式タービン発電機

Hellmuth Raymund: Über Turbogeneratoren mit direkter Leiterkühlung. [Elektrotech. Z. (E. T. Z.)-A, 81. Jahrg., Heft 20/21, 26. Sept., 1960, S. 735~740]

タービン発電機の構造は 1901 年に Charles Brown が 250 kVA, 3,000 rpm の発電機に採用した塊状回転子にスロットを切り励磁巻線を収め、くさびで止め、かつ巻線端は塊状保護環を用いた構造は現在の大容量機にもいまだお採用されている。もちろんタービン発電機の容量増加に伴ない冷却方式の改善が行われたが、特に水素冷却方式が採用されるようになってからは



第 1 図 回転子重量比と容量の関係
($\cos \varphi = 0.85$, H_2 2 atü)

単機容量が 200 MW 程度まで製作可能になった。さらに水素圧力を上げて導体の内部にガスを導くことによってその傾向は倍加し、250 MW 程度までは回転子だけを内部冷却し、300 MW 程度までは固定子、回転子とも内部冷却するようになった。第 1 図は直接内部冷却機の間接冷却機に対する容量比で、単機容量の増大する模様が示されている。

さらに大容量の発電機では固定子は水または油を用いた内部冷却法を用い、回転子だけ水素による内部冷却法を採用することによってその製作を可能にすることができると。

この方式のもでは BBC 社で 260 MVA 発電機があるが、この発電機はギャップに絶縁円筒を入れて固定子と回転子を別室に分け、固定子は鉄心にダクトを設けず、冷却は油による内部冷却方式を採用しており、回転子は水素ガスの内部冷却方式である。

このように冷却方式の改善による発電機設計技術の進歩は単機容量の増大を可能にしたが、今後さらに 1965 年には 500 MVA を突破する単機容量のものが現われるであろうし、1970 年には 800 MVA に達することであろう。

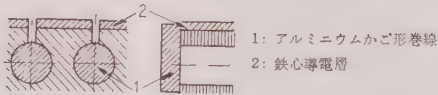
訳者注: 本論文は発達過程の懐古号のようなものである。

(清水委員)

6・232. 誘導電動機の漂遊トルクと漂遊損

H. Jordan u. F. Taegen: Drehmomentkurven und Zusatzverluste von Drehstrom-Asynchronmotoren. [Elektrotech. Z. (E. T. Z.)-A, 81. Jahrg., Heft 23, 7. Nov., 1960, S. 816~820]

かご形誘導電動機のトルク特性は、漂遊トルクのため、基本波遮束だけを考慮して計算した結果から大幅に異なることはよく知られている。この現象は特にアルミニウム鑄込の回転子を持つ電動機において著しく制動機運転範囲においては、基本波について計算したトルクに対し、100% 以上も大きいトルクが実測されることがしばしばある。本論文はこの現象の要因として、鉄心中を軸方向に流れる電流を取り上げ模式的な



第 1 図 鉄心の影響を考慮した
回転子モデル

考察を行ったものである。在来漂遊トルクの原因としては、回転子かご形巻線導体と回転子鉄心との間の絶縁が不十分であるため、相隣る回転子導体に流れる横流があげられ種々の報告がなされているが、本論文によれば漂遊トルクの主要因は回転子鉄心の層間絶縁の不備により生ずる軸方向の電流にあるとしている。

回転子鉄心には製作時の鉄板のめくれ、アルミニウム鑄込の際の鉄板絶縁傷損、さらには鉄板層間へのアルミニウムの侵入などにより軸方向の電流が流れるようになり、これがアルミニウムかご形巻線と並列の第2のかご形巻線を形成する。このように軸方向鉄心電流の影響を考慮すると、第1図に示すような回転子モデルが得られる。このように模式化した回転子においては、表面の鉄心により形成されるかご形巻線は塊状回転子と同様、二重鎖交漏れリアクタンスを持たず、またスキューの影響を受けないから、それと並列になっているアルミニウムかご形巻線にくらべ、固定子巻線高調波に対して小さいインピーダンスを持つ。漂遊トルクはこの鉄心導電層と高調波磁界との相互作用から発生するもので、高調波磁界の同期速度は回転速度の低い付近（基本波に対し $S=1$ ）にあるから、制動機範囲でのトルクを増し、電動機範囲でのトルク減少もたらされることになる。このモデルから導かれる結果では、漂遊トルクの大きさは、回転子スロット数およびスロットのスキューの影響を受けない。

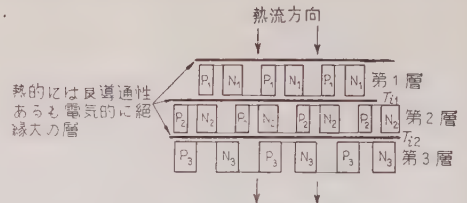
この理論に基づく計算値と実測との対比はされていない。また実際には軸方向の鉄心電流だけでなく、導体間の電流もあることであるから、正確にはそれらも考慮しなければならないとしている。

（清水委員，倉持竜一訳）

6-233. エネルギー変換法

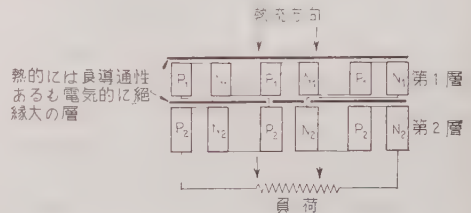
Geoffrey W. Wilson: Energy Conversion Processes. [Machine Design, Aug. 18, 1960, p. 189-192]

最近、熱、光を直接電気エネルギーに変換する静止形発電器の研究開発が注目をひいている。すなわち熱電子、熱イオン、光電流現象利用の三つの有望な手法がある。これらは過去数年間の材料をもとにすれば、1958年では10%の理論効率が得られたにすぎないのが最近では17%に向上し、ここ数年以内に25~30になるものと推定されている。筆者はN形半導体材料を研究し、そのメリット数 (Z) と温度との関係から、効率20%以上の発電器を製作するための材料特性と



第 1 図 カスケード形熱電子発電器

して (Z) は 2×10^{-3} 以上で、 800°C 以上の使用条件を必要とすると論じている。また熱電子変換器の効率よりして高、低接合体温度差 ($T_h - T_c$) をもっとも大きくしてカルノー効率を最大とするためには、数種類のP-N形材料を使用する必要性を述べて実用例として第1図を示している。P-N接合体を電気的に直列に、熱的には並列とし、かつ熱流方向には直列に層積みした。この種発電器は風冷式 500 W 出力（推定値）、20% 効率のものが12~18ヶ月間以内に製作される。さらに水冷式で5kWのものが計画中である。第1図中各層は電気的に絶縁してあるが、熱的には良導通でなくてはならない。実用上層積みの数は制限される。かかる発電器の出力取り出しには2種類ある。各層に別に負荷を印加するのと、第2図に示すよう直列に各層段を接続するのがある。熱イオン形発電器は陰極材料の開発待ちの状況であり、Ga-As, Cd-S のもので



第 2 図 層段形熱電子発電器の直列接続

6.5~9% の効率である。光電流変換器は熱機関でなく直接電磁気的放射を利用するため、カルノーサイクルによる効率上の制約がない。すなわち、この放射は二つの半導体間のP-N接合内に電離作用を起させ、電子とホールが相互に反対方向に拡散して電圧、電流を生ずる。目下研究段階にすぎない。

（山田委員，加藤又彦訳）

6-234. 水銀整流器制御への トランジスタの応用

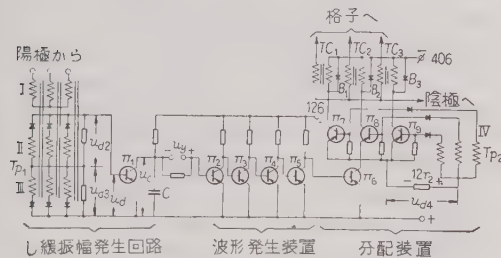
Л. М. Твердин и Ю. М. Курзанов: Применение полупроводниковых Триодов Для управления ртутными выпрямителями. [Электричество, No. 11, 1960, стр 82~84]

水銀整流器電圧を格子により自動制御する場合の

格子回路電圧の移相をトランジスタにより行う方法を紹介している。

第1図に三相の場合の格子制御回路が示されている。

図の左端の変圧器 TP_1 とトランジスタ n_1 とコンデンサ C とで、し緩振動を構成しており、トランジスタのベースとエミッタ間に変圧器の巻線 II と III の整流電圧の差 u_d が加えられる。 u_d が正の区間はトランジスタ n_1 は通電せず、コンデンサ C が充電される。 u_d の極性が変化すると、 n_1 は通電を開始しコンデンサ C を短絡することになる。その放電時間は電気角で $2\sim 4^\circ$ である。この経過がくり返されて、1週期の間に $112\sim 117^\circ$ (電気角) の幅を持ったインパルス電圧を3個発生する。



第1図 三相制御のための格子制御回路

コンデンサ C の三角波の電圧は、制御電圧 u_y と比較されるのである。その差電圧がトランジスタからなりたつ増幅器 ($n_2\sim n_5$) の入力電圧となるから、位相制御が行われる。

次にこの制御電圧の各格子への分配は、 $n_7\sim n_8$ のトランジスタで行われる。その方法は変圧器の巻線 IV の三相整流電圧がそれぞれ $1/3$ 周期あて n_7, n_8, n_9 のベースに加わり、ピーク波変圧器 TC_1, TC_2, TC_3 により整流器の格子にパルス電圧を加えるのである。

訳者注: Direct Current, Sept. 1960, p. 52 には、イギリスのトランジスタによる整流器の保護方式が詳細に出ている。

(井手委員、都築公男訳)

7. 235. 地中ケーブルの長期通電試験

T. A. Balaska, A. L. McKean & E. J. Merrell: Long-Time Heat Runs on Underground Cable in a Sand Hill. [Pwr Apparatus and Syst., No. 50, Oct., 1960, p. 757~771]

・試験装置 80 ft 離れた人孔間に、8 in パイプ、4 in パイプおよび6孔式管路を中心間距離 3 ft にとって、4% の西向傾斜で試験布設を行った。

各人孔から 25 ft 離れた所に 30 個ずつの熱電対を取り付け、測定は人孔内で行った大地の基礎温度は、試験地域の両側に中心から少なくとも 10 ft 離れた所に熱電対を取り付けた。

掘割りは 12 ft 幅 5 ft 深さで 80 ft の大きさであり、その土地の砂は砂利砂で少量のシルトと粘土を含んでいる。

模擬負荷 ケーブル負荷はニクロム線で模擬し、各パイプとダクトの上方の4条だけに均一に加熱するようにスパーサを入れて引き込み、これらのダクトおよびパイプは両端にふたをして通風を防止した。

そのような試験装置に負荷を課電した。

測定結果 1957~1959 年の測定結果から次のことがわかった。砂の固有熱抵抗の値は 8 in パイプで 1957 年 8 月から 1958 年 1 月までの値が表記されている。

この値は Bayer-Nease によって示された Kennelly の式によった。

(1) 24 W/ft 負荷時の最高温度

(a) ダクト群表面 (頂面) 55°C

(b) 8 in パイプ表面 75°C

(c) 4 in パイプ表面 92°C および 75°C

(2) たとえば 8 in パイプ周辺の 24 W/ft の 100 負荷率のときの熱特性について記されている。

(3) 1958 年の 1 月から 8 月の間の 48 W/ft の負荷のダクトバンクの温度は第1表のとおりである。

第1表

測定点	ダクトバンク温度 ($^\circ\text{C}$)		
	ダクトバンクの頂面	ダクトバンクの底面	ダクト内面
東	78	70	97
西	71	80	103

第2表

8 in パイプの中心からの距離 (ft)	温度 ($^\circ\text{C}$)	
	1957 年 11 月	1959 年 11 月
パイプ表面	69	56
1	49	39
1.75	36	30
3.75	27	19
6.0	22	14
7.75	21	13

(4) 6 ft 中心が離れていると相互加熱効果はない。1957 年 11 月および 1959 年 11 月のデータからこのことがわかる。この結果は第2表のとおりである。

(5) パイプおよびダクトの表面温度は数か月間ほぼ 75°C であった。(川井委員、井上次男訳)

7.236. 63 MW 直流高圧実験設備

High Voltage 63 MW Experimental D.C. Project. [CIGRE, 1960, Study Committee, No. 10, D.C. Transmission at EHV Appendix 1]

イギリスでは 63 MW, 900 A, 70 kV の直流高圧

実験設備を北ロンドンの Acton Lane 発電所に建設することになった。

この報告はそのいきさつと設備ならびに研究項目について述べている。イギリスでは多年にわたり EEC の Nelson 研究所で水銀アーク変換装置の開発研究を行い、最近大商用設備に用いられる段階に達した。CEGB では電力原価引下げの一助として直流送電の採用を検討し、将来のために直流送電研究設備の必要性を認めて、実験により得られるデータをそのまま大容量の実用計画に適用しうるような、実規模の変換器や回路の試験ができる必要最小限の直流実験設備を作ることになった。

その実験設備の定格は 63 MW, 900 A, 70 kV と選定されたが、これは (a) 6 相整流器インバータを Back-to-back scheme として実験することができ、また 132 kV の二つのグリッド間を非同期連系しうること。(b) の中には Back-to-back scheme でその使用定格の 2 倍以上の三相短絡試験ができるようになっている。その所在地としては (a) 実際の運転状態での変換装置に関する問題を解明するには、交流系統の二つの部分が連系可能であること。(b) 実験研究に対して、系統は十分な短絡容量を供給しうること、の二つの要求を満たし、かつ充分広い場所が必要なことから Acton Lane 発電所内に建設されることになった。研究内容としては次のことが考えられている。

(a) 水銀整流器の特性およびその開発研究, (b) 制御系統の改良, (c) 高調波抑制と VHF 障害, (d) 三相ブリッジ回路の各種接続方式, (e) 水銀整流器に変わる新しい変換装置の開発, (f) 交直連系系統における故障状態の研究。
など、これら一連の研究のために Direct current Simulator の建設も予定されている。

イギリスでは将来送電の中心は交流高圧系統であると考えられるが、特別の場合には直流送電にしたほうが有利であると思われる。さらに開発を進めることにより直流送電による送電原価はますます低下し、その適用範囲はますます広まるであろう。今後 10 年間には直流送電で技術的に目新しいことは多く望まれないであろうが、世界各国においてその特徴が発揮しうる地域では次第に直流送電が採用されるであろう。

(永村委員, 伊藤 登訳)

9-237. 鉄道電化におけるフランスの技術的進歩

F. Nouvion: French Technical Advances in the Field of Railway Electrification. [Appl. and Industr., No. 50, Sept., 1960, p. 241~248]

フランス国鉄で発達してきた単相 50 c/s 交流電化につき、地上設備および水銀整流器式交流機関車の概

略の説明がなされている。

地上設備については、交流変電所は直流にくらべ、簡易少数で、経費は 1/3 で済み、その間隔は 25~50 mil である。交流電化区間では整流器形機関車が運転されているにもかかわらず、高調波の問題で困らなかった。電流不平衡は電力網に多数の発電機が連結しているため重要でなく、また電圧不平衡の対策としてスコット結線つきの変電所が建設されたが、それも電化開始当時心配したほどでなく、現在完成間近の North-Eastern network では全部で 43 変電所のうち、スコット結線があるのは 5 箇所にすぎない。

交流機関車として水銀整流器式がもっぱら採用されてきた。BB 12 000 イグナイトロン機関車, BB 16 000 イグナイトロン機関車, BB 16 500 イグナイトロン機関車, 以上 3 種の機関車の性能が紹介されている。交流機関車のけん引電動機は全並列接続で起動時直列接続される直流機関車にくらべ、非常にすぐれた粘着特性を示した。粘着特性の優秀性はフランス国鉄で新造される機関車重量が年々軽減してゆく数字が実証している。BB 16 500 形はもっとも経済的な形で、その特色として 1 台車 1 電動機、複減速比を採用して貨物用、旅客用の切り換えが簡単に可能である。

保守費はマイルあたり交、直機関車とほとんど変わらない。
(武藤委員, 山添博史訳)

10-238. 搬送電話方式用トランジスタチャンネル変換器

Klaus Bode, Hans Kopp u. Richard Theus: Kanalumsetzer mit Transistoren für Trägerfrequenz-Fernsprech-Systeme. [Nachrichtentechn. Z. (N.T.Z.), 13. Jahrg., Heft 10, Okt., 1960, S. 465~469]

一部、高周波・高出力回路を除いて、搬送電話方式にはますますトランジスタが導入されている。トランジスタ化に伴ない次の諸利点を生ずる。(1) 電力供給装置は小形化され安価となる。(2) 放出熱量が少ないからベンチレータを簡単化できる。(3) 消費電力が少なく、動作電圧が低いから回路部品を小形にでき、装置自体もコンパクトになる。(4) 真空管はその保証寿命期間中でもその電気的特性に変化をきたすから定期的な測定を行い、かつ、ときどき取り換える必要がある。しからにトランジスタは現在の回路部品と同じオーダーの寿命を有するから保守が容易となる。

チャンネル変換器は搬送装置の大部分を占める重要なものであるから、他の装置のトランジスタ化に関する十分な経験を得たのち適用された。トランジスタ化すれば従来の実装方法 No. 52(48 チャンネル/架) より若干多く実装できるが、あえてそれを変更せず、消費電力を減少させ保守を簡易化し、動作確度を高めることに目的を定めた。

回路は原理的に真空管を使用したチャネル変換器と同じで、第1図はその構成図である。トランジスタは金接合の TE 65 (コレクタ消費電力 50 mW) だけを使用し、チャネル増幅器の最終段ではそれをプッシュプルにする。信号は 3,850 c/s あるいは 3,825 c/s を使用し、信号時送出および無通話時送出のどちらでも可能である。前者の場合相対レベル 0 の点で $-0.5 N$ 、後者では $-2.0 N$ の送出レベルとなっている。受信器はガス入りのリード継電器で接点を保護している。回路部品のおもなるものは、 L に密閉形フェライコイル 2 種 (18 $\phi \times 14$ h および 14 $\phi \times 8$ h)、 C はタタルや MKL コンデンサ (薄膜のプラスチックを使用した MP コンデンサのようなもの) およびフィルタとして気密な容器の中に入れられたスチコン、非直線素子としてセレン整流器などである。必要の際は群ディロットにより障害になった群の空チャネルをメービジする。チャネル変換器の実装方法は従来の No. 2 と同じで、ただ構成ユニットだけがプリント配線となっている。引出しパネルなどのケースはプレスされたアルミニウムを使用する。そのため実装された

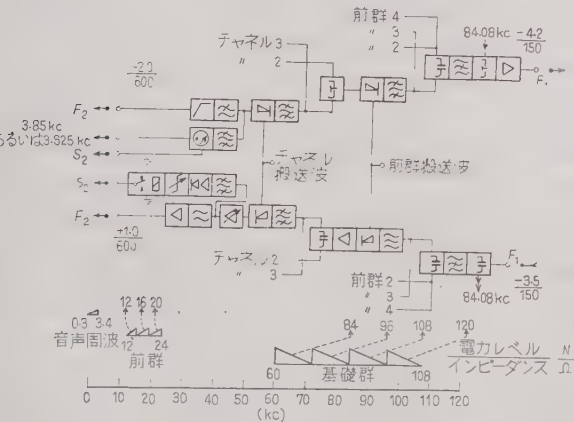
10・239. 大西洋横断電話ケーブルを通してダイヤリングするための信号方式

S. Welch: Signalling Arrangements for Dialling Over the Transatlantic Telephone Cables. [Post Off. elect. Engrs' J., Vol., 53, Pt. 3, Oct., 1960, p. 201~205]

大西洋横断電話ケーブルは1963年中ごろに半自動的動作にはいる予定である。これにより交換手は相手側交換手の助けをかりずにケーブルを通してダイヤリングすることができる。この論文はロンドンの装置について、このような信号方式の詳細について書いてある。

信号系統は TASI と両立しなければならない。このため TASI チャネルは、あらかじめディジタル信号のために割当てられている必要がある。また TASI の目的のためには、信号に占められる時間は短いほうがよい。信号装置は二つの部分に分かれている。すなわち (a) 捕捉、監視、開放を制御する線路信号、(b)

ディジタルな情報とレジスタへの信号のためのレジスタ間信号である。これらの信号としては、線路信号は第1表に示すように交流のパルスと連続の信号を用い、レジスタ間信号には第2表のように 6 C2 の交流信号の多周波信号を用いる。これら二つの系には干渉を防ぐために異なる周波数を使用し、それぞれ音声に対する適当な保護回路を持っており、多周波の送受信装置は共通装置として動作する。両信号系ともに Link-by-Link 方式の信号を採用し、現存の信号系との相互動作や信号時間などに利点を有する。第1表に示すようにに線路信号のうちパルス形の信号の継続時間は 850 ms である。このうちで 500 ms は TASI チャネルの割当てに使われる。連続した形の信



第1図 チャネル変換器の構成図および周波数配置

出しパネルの重量は従来の 12.4 kg が 4.8 kg (40%) となった。

24 V の電源装置は、電池電源方式と交流電源方式と考えられるが、前者の場合公称電圧は 48 V あるいは 60 V であるが、一般に大きく変動する。そこで高力トランジスタを使用した電氣的調整器を実用化し、30~60 V の入力を 24 V の出力に保つようにする。後者にももちろん適用できる。消費電力は従来の空管方式にくらべ 1/7~1/8 に減少した。

(沢田委員, 勝見幸雄訳)

第1表 線路信号コード

Signal	Transmitted Signal		Recognition Time
	Frequency	Duration	
Forward Signals			
Seize	f_1	continuous	40 ± 10 ms
Forward Transfer	$f_1 + f_2$	850 ± 200 ms	125 ± 25 ms
Forward Clear	$f_1 + f_2$ compound	continuous	125 ± 25 ms
Backward Signals			
Proceed-to-Send	f_2	continuous	40 ± 10 ms
Answer	f_1	850 ± 200 ms	125 ± 25 ms
Busy Flash (and error detected)	f_2	850 ± 200 ms	125 ± 25 ms
Clear Back	f_2	850 ± 200 ms	125 ± 25 ms
Release Guard	$f_1 + f_2$ compound	continuous	125 ± 25 ms

$$f_1 = 2,400 \text{ c/s}$$

$$f_2 = 2,600 \text{ c/s}$$

第 2 表 レジスタ間信号コード

Digit	Frequencies (c/s) (Compounded)
1	700 + 900
2	700 + 1,100
3	900 + 1,100
4	700 + 1,300
5	900 + 1,300
6	1,100 + 1,300
7	700 + 1,500
8	900 + 1,500
9	1,100 + 1,500
0	1,300 + 1,500
KP ₁ (terminal)	1,100 + 1,700
KP ₂ (transit)	900 + 1,700
Code 11	700 + 1,700
Code 12	1,300 + 1,700
ST	1,500 + 1,700

Duration of signals: KP₁ and KP₂, 100 ± 10 ms.

All other pulses, 55 ± 5 ms.

Interval between all pulses: 55 ± 5 ms.

号は 4 種のうち 2 種類ずつ組み合わせられ、将棋倒し式の制御が行われ、高速化が図られている。信号周波数は f_1 と f_2 の二つだけであって、捕捉と送出開始の信号は二重捕捉防止のため異なる周波数を用い、他の二つは混合信号を用いる。ディジタル情報は全部出レジスタに一度蓄えられてから送出される。すなわち、まず捕捉信号が送られ、ディジタル情報は KP パルスに始まり続いて数字信号、ST パルスで終る。そこで入レジスタは ST パルスにより接続動作を開始する。コード 11 とコード 12 はヨーロッパに対する入呼が交換手への接続であることを示す。各信号は 2 周波により構成され、誤検出コードを形成している。イギリス対カナダ回線は国際海底ケーブル計画の最初のものであり、この論文の信号方式は国際ケーブルに対する標準方式の最初の基礎となるものであろう、と結んでいる。

(豊田委員, 中村俊彦訳)

11-240. 3% けい素鋼の複雑な再結晶組織について

C. G. Dunn & C. J. McHargue: On a Complex Recrystallization Texture in 3% Silicon Iron. [J. appl. Phys., Vol. 31, No. 10, Oct., 1960, p. 1767~1770]

この実験は Goss 組織といわれる二次再結晶組織の母体である一次再結晶組織を Jetter-McHargue-Williams の方法により詳細に調べたものである。その結果一次再結晶組織で従来見逃がされていた組織の成分が見出され、観測された磁気異方性との対応性がうまくつくことがわかった。

実験は次のようになされた。3% けい素鋼帯の 0.014 in 厚の試片を 800°C で 3 min 焼なまし、これを接着剤ではり合わせて 0.2 in の球形回折試料に仕上げる。Mo-K α を用い 110, 200, 112, 130, 222, 123, 240 回折面のおのおのについて行い、試料は垂直方向 (ND), 圧延方向 (RD), 直角方向 (TD) の周囲に急速に回転させて、角度 ϕ をゆっくりと 0° か

ら 90° にわたってスキャンして測定する。(Jetter-McHargue-Williams の方法) 記録チャートから得られた軸密度図を第 1 図に示す。図から導かれた組織の成分は、四つの (556) <065> 形および四つの (117) <near 116> 形成分であり、さらに二つの繊維形成分 — <001> // RD と <111> // ND — と二つの (112) <110> 形成分である。第 1 図 (b) の圧延方向で (111) 極密度が零であることから (hkl) <111> 成分が組織にない結論できる。次に磁気トルク曲線は (110) [001] 単結晶のものに近いが、その振幅が 1/5 で第 1 近似として次式で表わされる。

$$2L/K_1$$

$$= -0.10 \sin 2\theta$$

$$-0.15 \sin 4\theta$$

第 1 図

$$\dots\dots\dots (1)$$

この値は広がりをもち (110) [001] 成分の寄与を 6 ~ 7% とおけば、残りに対して 37% (112) <110> および 39% (117) <near 116> を仮定すると説明できる。しかし (123) <210> 26%, (117) <near 116> 14% とすると、その差異をよく補うし、数値もより妥当である。簡単な計算により極点図で ND の位置の 10° 以内にある (123) 成分が約 30% あることが示される。このように、現在の組織は磁気トルク曲線を説明することができるが、これは従来見出されていなかった (117) <near 116> 成分の寄与によるものである。ゆえに Jetter その他による方法は、普通の極点図法より複雑な成分組織を解くにはより直接的である。

(山本委員, 中村 豊訳)

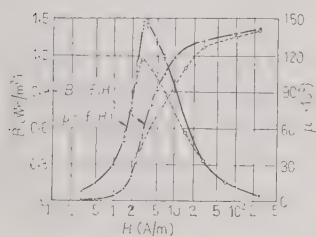
11-241. 高透磁率鉄の磁気特性におよぼす中性子線照射の影響

G. Biorci, A. Ferro & G. Montalenti: Effect of Neutron Bombardment on the Magnetic Properties of Very High Permeability Iron. [J. appl. Phys., Vol. 31, No. 11, Nov., 1960, p. 2046~2047]

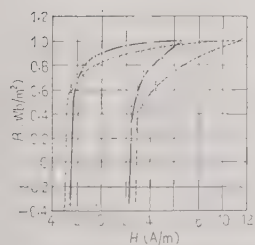
速い中性子線を金属合金磁性材料に照射したとき、その磁気特性から強く変化することが知られている。

これは照射によって起る原子拡散のため、構成原子の方向性規則配列が生ずることに基因すると説明された。著者らは、この効果以外の照射による磁気特性におよぼす効果があるかどうか調べる目的で実験した。

よく知られているように透磁率と抗磁力は、ひずみがおよんでいる体積が磁壁の厚さと同じか、またはあまり小さくなければ、小さな内部ひずみに非常に敏感である。このような見地から、中性子線照射が大きな欠陥を作るかどうか調べるのに磁気特性の変化を見るのがよい方法であると考えた。従来の放射線崩壊に関する実験はおもに点欠陥に関するもので、スパイク、転位リング、点欠陥のクラスタに関するものはまだ少ない。このような効果の存在を決定するにもっとも適した材料は、合金ではなく、高透磁率をもつ純鉄であろう。著者らは透磁率が 150,000 で、OCN が 0.001 % 以下の純鉄の $35 \times 7 \times 3.5$ mm の環状試料を作った。照射前に 150°C で 4 h 焼なました。このときには磁気特性の変化は全然みられなかった。試料を二つの群に分け、第 1 群は Harwell の BEPO 原子炉で速い中性子 4×10^{17} nvt で照射中の温度 60~80°C で行い、第 2 群は Grenoble の Melusine swimming pool 原子



実験：照射前，点線：照射後
第 1 図 磁化曲線および透磁率曲線



第 2 図 第 1 図と同じ試料のヒステリシス曲線

炉で速い中性子 1.2×10^{18} nvt で試料は水中に直接浸した。結果の代表例は第 1 図と第 2 図に示す。図からわかるように最大透磁率は約 30 % 減少し、抗磁力は約 0.005 Oe だけ増加している。

二つの群の結果はほとんど同じであった。これらの結果を説明するのに二つの機構が考えられる。一つはさきに述べた変化する弱い内部ひずみで、抗磁力から約 0.01 kg/mm² と推定される。

もう一つの機構は欠陥が磁化ベクトルとの相

(山本委員)

11-242. 転位のない Ge の作製法

B. Okkerse: A Method of Growing Dislocation-Free Germanium Crystals. [Philips tech. Rev., Vol. 21, No. 11, 1959/60, p. 340~345]

転位のない Ge の単結晶は単に引上法を特別にしたものにすぎない。つづきとしては普通の引上げ機械用のもの、または最近発展した Floating zone 用のものが使用される。普通の引上法のように結晶を成長させ、成長した結晶の径を次第に小さくし、1~2 mm にする。これは Melt の温度を数度上昇させることによってなされる。径が細くなった状態を約 20 mm の長さになるように続ける。こうした次に所要の径まで結晶を成長させる。得られた結晶を第 1 図に示す。引上げ速度は普通の結晶を成長させるときよりも遅くし、約 1 mm/min である。ふいけガスの流量には注意して定常に保たなければならない。さらに Melt の表面には一物もないようにすることが重要である。(たとえば Ge の配化物やグラファイトのかけらなど)

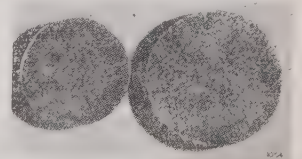


第 1 図 転位のない Ge の単結晶

第 2 図に成長した結晶の Neck 以下の部分には転位が零になる様子を示す。Seed から発生してきた転位は、結晶が成長するにつれて、Neck の部分では結晶の表面に達し、そこで必然的に終わってしまう。Neck の部分では熱的ひずみが非常に小さいから新しい転位は発生することができない。Neck 以下の大きい径の結晶部分では熱的ひずみはかなりあるが、すでに転位源がないから、いかなる転位も発生しないと考えられ



第 2 図 転位が零になる様子



第 3 図 エッチした表面

る。転位がないことを確かめるのにはエッチピットで観察する方法がもっともよく使われる。第3図にその一例を示す。左側が上述の方法で作られたものである。右側は普通に結晶を成長させたものである。すなわち左側のものにはエッチピットが見られない。転位が無いという保証である。(鳩山委員, 石井善正訳)

11-243. 低誘電損角コンデンサ紙

В. Т. Ренне, М. Н. Морозова и К. И. Карпова: Конденсаторная бумага с пониженным углом диэлектрических потерь. [Электричество, No. 7, 1960, стр. 72~77]

コンデンサ紙の損失角は周知のように等価回路から次式で表現される。

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_K}{1 - \frac{\varepsilon_K \chi}{\varepsilon_p}} + \frac{\operatorname{tg} \delta_p}{1 - \frac{\varepsilon_p (1 - \chi)}{\varepsilon_K \chi}} \quad (1)$$

ここに ε_K , $\operatorname{tg} \delta_K$: 繊維の誘電率, 誘電正接;
 ε_p , $\operatorname{tg} \delta_p$: 含浸剤の誘電率, 誘電正接

χ は気孔に関係があり, 次の表現にしたがう。

$$\chi = 1 - \gamma / \gamma_K \quad (2)$$

γ : 紙の密度, γ_K : 繊維の密度 = 1.55 g/cm³

含浸剤として鉱油, 塩素化合成油を用いた場合について検討を加え, 後者の場合大容量コンデンサの製造を可能とし, またストレスも前者の 12~13 kV/mm から 14~16 kV/mm まで高めることができる。

乾燥した絶縁紙の場合, $\varepsilon_p = 1$, $\operatorname{tg} \delta_p \approx 0$ (紙の穴には空気がはいつている) のため,

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_K}{1 + \frac{\varepsilon_K \chi}{1 - \chi}} \quad (3)$$

各国のコンデンサ紙, 特にアメリカの低誘電正接コンデンサ紙をモデルとして, コンデンサ紙の誘電正接を低くすることについて検討している。まず絶縁紙の灰分について論じ, 他方, 絶縁紙誘電正接を低くするためには上式から絶縁紙密度を低下することにあると述べている。また低密度コンデンサ紙の誘電正接の予測として上述の計算式を使用し, これが実測値とよく一致していることを述べている。

絶縁紙の密度を低下すると機械強度たとえば引裂強度や紙テープの強度について考えなければならない。絶縁紙の破壊電圧も当然密度の低下により小さくなり, 次式で計算できる。

$$E_{np} = \frac{E_{np \cdot p}}{d} \left[1 + \frac{1 - \chi}{\varepsilon_K \chi} \right] \quad (4)$$

近似的に

$$U_{np} = U_{np \cdot p} \left(1 + \frac{\varepsilon_p (1 - \chi)}{\varepsilon_K \chi} \right) \quad (5)$$

合成油を浸潤した密度 0.85 g/cm³ の紙 ($\chi = 0.45$) と, 絶縁油を浸潤した密度 1 g/cm³ の紙 ($\chi = 0.35$)

の $U_{np \cdot p}$ が近似するとすれば,

$$\left(1 + \frac{5 \times 0.55}{6.6 \times 0.45} \right) : \left(1 + \frac{2.2 \times 0.65}{6.6 \times 0.35} \right) = 1.92 : 1.62 = 1.18$$

これにより紙の密度を低下したにかかわらず, 合成極性材料浸潤紙のほうが破壊電圧が高いことが推定できる。(川井委員)

11-244. 高温用絶縁材料の傾向と応用

H. Wood: Trends in Insulating Materials and Applications, Particularly High Temperature Problems. [Insulation, Dec., 1960, p. 41~46]

航空技術の電気設備に要求される高温用材料について述べている。要求される温度は今日では 400°C に達している。このような使用温度の増加に伴って, 絶縁材料は有機物から無機物へと移行している。

焼付材料 シリコンの導入は使用温度を 150°C 以上に高めた最初のもので, シリコンエナメルをかぶせた導体は 200~250°C で使用できる。シリコンエナメルは機械的強度と銅への接着を改良するため, アルキッドの添加によって修正された。ポリエステルグリセロールテレフタレート, ポリビニルアセタールエナメルも検討された。

ガラス, アスベストのような無機材料をかぶせた導体が利用されているが, 接合剤のないガラス繊維被覆は通常の取り扱いにもろすぎ, 重量の制限のために制限をうける。一方, アスベストは吸湿性である。有機物を被覆し, 外部にシリコンゴムまたはポリテトラフルオロエチレン (PTFE) をかぶせた。これら材料は 250~300°C で使用可能である。

満足されなければならない条件は, 高温に耐えること, 汚損する場合の化学的不活性, 電気的ならびに機械的強度, 取り扱いやすさおよびスペースファクタなどである。PTFE はこれらの要求にほとんど間に合う材料と考えられる。しかしコールドフローに関連した困難もある。

樹脂含浸シート絶縁材料 ガラス布, アスベストシート, マイカ, シリコンゴムを使用する。ガラス布またはアスベストを使用する場合, 使用温度に対応して接合剤を選ぶ。エポキシ樹脂, ポリエステルを使用した場合 200°C まで, シリコン樹脂は 250°C まで, PTFE は 270°C まで, また短時間では 300°C まで使用可能である。

含浸ワニス, その他の含浸剤 回転部に要求される絶縁材料には含浸が大切である。200°C 以上の使用温度に関する場合, ポリエステル, エポキシ, シリコン, PTFE に限定される。真空含浸が望ましい。

そのほか樹脂で接合したガラスラミネート, フィラを有するモールドした材料などについて検討している。

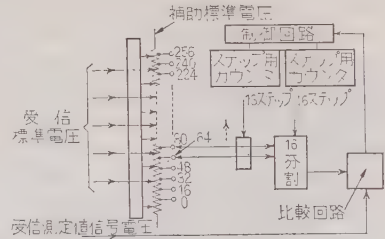
また 300~400°C の使用に適するものとして、いくつかの欠点はあるが、アルマイト電線を推奨している。(川井委員)

13.245. 特殊な目的の A-D 変換器

G.C. Henderson: A Special Purpose Analogue-Digital Converter. [Electronic Engng, Vol. 32, No. 392, Oct., 1960, p. 602~608]

テレメータによる飛行パラメータの監視用に開発されたものである。機体の各測定量をトランスデューサで電圧に変換し、これをモータスイッチでサンプリングし、かつ周波数変調して地上に伝送、復調する。この際、復調して得られた電圧が最初の測定量に正比例しておれば、普通の A-D 変換器で直ちにデジタル化しデータ処理することができるが、複雑なテレメータ系では一般に非直線である。すなわちトランスデューサ自身の非直線性、周波数変調復調におけるひずみ、途中の増幅器のドリフトや利得の時間的な変化などがおもな原因である。

本論文は以上のようなテレメータ系の非直線性やひずみにほとんど無関係に、最初の発信側測定量を正しくデジタル化する方法を述べている。基本原理は第 1 図に示すようにいわゆる比較方式で、抵抗による標準階段電圧と測定電圧を順次平衡させる。ところで一般と異なる点は、まず標準階段電圧発生用の抵抗器群 16 分割の方法をトランスデューサの校正曲線に合わせて測定量とデジタル量を正比例にさせること、次に抵抗器に加える標準電圧として図のように五つの値



第 1 図 原理図

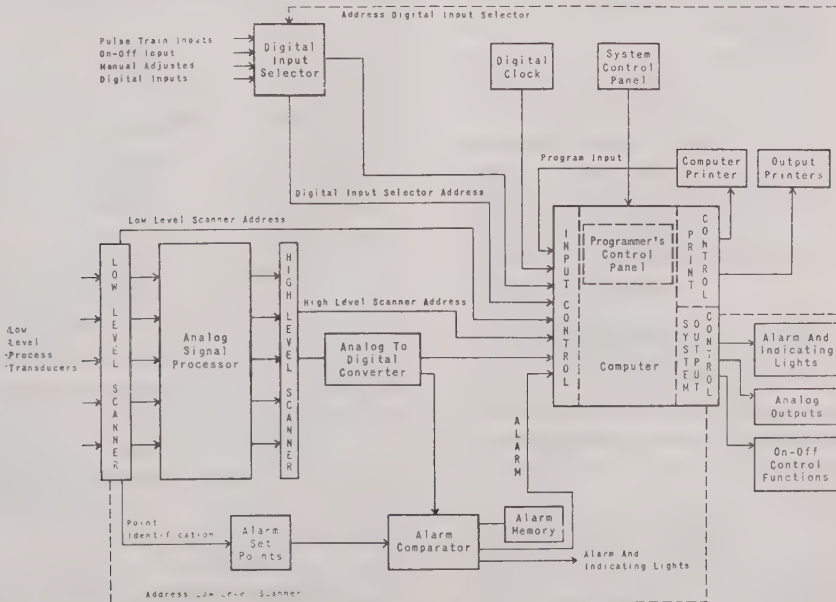
を使用する。しかもこの標準電圧はトランスデューサから測定値と一緒に伝送されてきたものである。したがって、途中のドリフトや利得の変動に対しては標準電圧も同様な影響を受けて変化してくれるので、結局最後のデジタル量と最初の測定量とは常に正しい関係を保ち、途中の雑音の影響をあまり受けにくいことになる。以上のようにして、本器の総合精度は、測定範囲 256 デジットに対し誤差 ± 1 デジット以内である。

(池田委員, 楠井昭二訳)

13.246. LN 3 000 計算制御装置

K.G. Harple & R.G. Lex, Jr.: The LN 3000 Computer Control System. [Commun. and Electronics, No. 50, Sept., 1960, p. 408~413]

プロセスに直結して、実時間で連続運転をする電子計算機的设计者は、二つの役目を考えなければならない。一つは、電子計算機のエキスパートであること



第 1 図

で、その役目を果す技術者は、最新の技術を駆使しておもに製造面から信頼度の高い立派な計算機を設計することであろう。もう一つの役目は、プロセスに精通した技術者であることで、彼は信頼度の点で計算機の設計者と意見の一致をみるであろうが、それでもなお、計算機内の誤りの検出法とか、もし誤動作してもプロセスを破壊しないようインターロックする方法とかに気を配るに違いない。この論文にかかれた LN 3000 は両方の観点にたって設計されたものである。

系統図を第 1 図に示す。低レベル切替器で一度に 5 個（希望により増設でき、増すと測定速度が上がる）の入力信号を水銀継電器（Mercury wetted relay）を経由してアナログ信号処理器に入れ、ここで補正、増幅などを行ったのち、さらに高レベル切替器で一つずつ選んで A-D 変換器に接続し、A-D 変換を行う。これらの操作は計算機のプロダムで行われ、低レベル切替器の速度は毎秒 1 組（5 点）、アナログ信号処理器の立ち上がりは、最終値の 0.1% 以内に達するのは 1s 以内である。そのため A-D 変換器には 1s の遅れ回路が含まれている。高レベル切替器の速度は 2ms/点、A-D 変換器の変換速度は 1.5ms である。

電子計算機はフィルコ製で、LN の仕様に基づいてつくられたものである。1 種類のトランジスタとダイオードによる論理回路を中心として設計されており、1 種類であることは信頼度と保守の面から有利である。計算機は汎用、直列式、内部 2 進、固定小数点、プログラム内蔵方式で、1 語は 20 ビットおよび符号からなり、8,064 または 16,256 語の磁気ドラムをもっている。計算速度は加減算が 910 μ s である。

このような装置の設計にあたっては、能力、信頼度、価格の適当な平衡がとられなければならない。能力は割と簡単に述べ比較することができるが、信頼度は地味な研究と注意深い論理設計とを重ねたうえ設置後でない結果がでないで、設計者は計算機の能力を必要以上に上げることはいまいしめるべきである。本装置はこれらに注意した結果、満足すべき安定度を示し、実時間の連続運転計算機の設計に、プログラムに、またさらに複雑な装置の開発に大いに役立っている。

（中原委員，山中和正訳）

13.247. シンクロ数値制御用 D-A 変換器

H. G. Lott: Ein Digital-Analog-Umsetzer zur numerischen Steuerung von Synchros.
[Regelungstechnik, 8. Jahrg., Heft 5, Mai, 1960, S. 157~162]

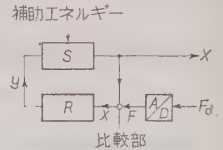
シンクロを用いた数値制御サーボの構成図を第 1 図に示す。図において F_d はデジタル入力であり、これが D-A 変換器によりアナログ量に変換され、アナログ量の制御量 X と比較されてサーボモータを制御す

る。本方式の動作原理を説明する 12 点制御のサーボを第 2 図に示す。 m_1 はサーボモータ、 m_2 はシンクロ、 F は増幅器である。図にお

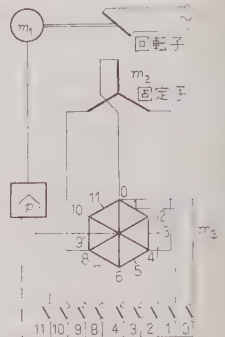
いてシンクロの三相固定子巻線は六相環状および星形巻線を有する三相変圧器 m_3 に図のように接続されている。変圧器より 12 個のタップが出ており、これがスイッチ 0—11 に接続されている。シンクロはサーボモータに結合されており、その回転子巻線は交流により励磁されている。デジタル入力により、この 0—11 のいずれかのスイッチを選択することにより、デジタル的に 12 点の位置制御を行う。

高精度のシンクロの精度は 10' 程度であり、デジタルの 1 ステップの精度を 5% とすると実際に必要なタップ数は 100 個であり、これは 10 進法の 2 けたに相当する。このような 100 点制御の場合には、スイッチ群はトランジスタによる 100 個の一致回路より構成され、入力

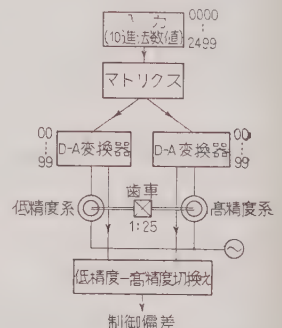
は 10 進法の 2 けたである。100 点制御では精度が不十分の場合にはたとえば、2 個の D-A 変換器を用い、低精度系（Grobsystem）と高精度系（Feinsystem）を第 3 図のように、1:25 の歯車で結合し、2,500 点制御を行う。高精度サーボの 25 ステップは低精度サーボの 1 ステップに相当する。両サーボとも 360° が 100 ステップに相当する。D-A 変換器は双方とも 10 進、2 けたである。マトリクスは 2,500 点制御のための 10 進、4 けたの入力を、それぞれのサーボのために、10 進、2 けたの数に変換する働きをする。得られた実験結果によると、変圧器による誤差はシンクロの誤差より大きくはなく、この方式による D-A 変換器の



第 1 図 デジタル
制御系構成図



第 2 図 シンクロと六相
環状巻線変圧器による
12 点位置制御



第 3 図 低精度系と高精度系
による 2,500 点位置制御、
D-A 変換器

精度はシンクロの精度に相当することが明らかとなった。
(長谷川委員, 美原 彰訳)

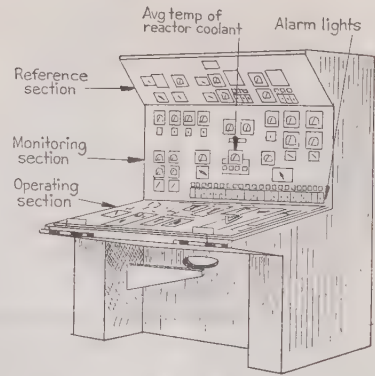
14-248. 人間工学的に考えた 原子炉制御盤

David E. Dickey: A Human-Engineered
Reactor Control Panel. [Nucleonics, Vol. 18,
No. 12, Dec., 1960, p. 80~82]

原子炉の制御盤に指示灯, 計器, スイッチを並列するだけではもはや充分ではない。原子炉操作中の不慮の停止の大部分の原因である人間の誤操作を少なくするために, 制御盤内の配列は情報を意味ある形に整えることによって操作を楽にすべきである。このため実物大の模型によって配列が研究された。第1図はこの研究の結果作られたコンソールを示す。機能的に見るとこのコンソールは三つの部分, すなわち操作部分, 監視部分, 参考部分に分けられる。

操作部分 コントロールスイッチとその付属のランプが運転員の前に並べられ, 原子炉プラントのレイアウトを作る。制御棒操作は運転員の少し右に, 補加ポンプの操作はその逆側におかれる。

監視部分 垂直の部分にはプラントのパラメータを示す計器と, そのチャンネル選択と警報がおかれる。計器は水平に並べないほうがよい場合が多い。もっとも重要な計器は中央におかれる。たとえば海軍の新しいミサイル巡洋艦 USS Long Beach では冷却材の平均温度がそれである。その周囲にはプラントの異常状態に際して必要な注意を警報するランプと制御棒



第 1 図

の動作を示すランプがおかれる。その周囲には冷却材の平均温度が予定の値からずれている理由を示す計器(中性子束, 蒸気流量, 冷却材圧力, 冷却材流量と中性子束の比率)がおかれる。その周囲には起動時だけ必要な器具や補正量あるいは補正動作を示す器具がおかれる。警報ランプは警報部分の一番下におかれ, 警報時はベルが鳴りランプが点滅する。

参考部分 停止スイッチや船の他の原子炉の指示計器, 停止回路のアラームがまとめてある。

一般的にいうと, どんなに複雑な自動化をしても除くことのできない運転員は, 人間工学的に考えた制御盤に助けられて定まった機能を行わせ, また非常のときにもその事態を理解することができる。

(井手委員, 梅田泰郎訳)

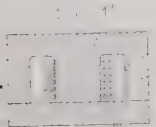
特 許 紹 介

49. 磁気ひずみ振動体

特許公報 昭 35-2472
発 明 者 谷 義隆, 高橋福太郎
特許権者 海上電機

この発明は超音波送受波器用磁気ひずみ振動子に關するもので, その断面図を第1図に示すように, いずれも圧粉磁気ひずみ材料で作られた平板1'と,

その周囲を圍繞する壁部1''と, 前記平板上の適当個所に配設された柱状部1'''とで一体に形成される磁気ひずみ振動体1の前記柱状部1'''に, あらかじめ準備された巻線をそう入し, 振動



第 1 図

体の側面2と同一材料の平板3で密閉したものである。

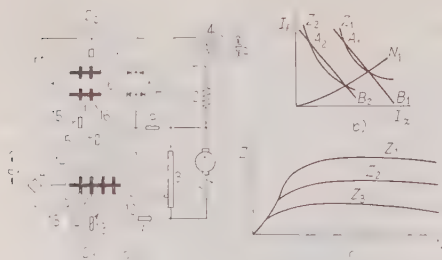
この発明によれば巻線作業が容易で, 水中において

も水分の侵入がなく, したがって巻線の絶縁が良好に保持され, また適当な形の小形に構成することが容易であり, 指向特性を制御できるなどの効果がある。

50. 電気車発電制動装置

特許公報 昭 35-2518
発 明 者 安藤太市, 杉山修一
特許権者 川崎重工業

この発明は電気車の発電制動力を制御する装置に關するもので, 第2図(a)に示すように, 電機子1の電流と界磁2の電流を可飽和リアクトル5の制御巻線10, 11に導入し, この和とバイアス巻線12のアンペア回数とを差動とし, その出力で可飽和リアクトル6を介して界磁2の励磁を制御し, バイアス巻線の調整によって任意の制動力を得るようにしたものである。その原理を述べると制動力 Z , 電機子電流 I_a , 界磁電流 I_f の間には $Z = K I_a I_f$ (K =定数) の関係があるが, これを図示すると(b)図の Z_1 で示される。しか



第 2 図

しこのような双曲線の関係を満足させる装置は複雑になり、また実際には一定の制動力を要求される速度範囲には限界があるので、これを A_1B_1 直線に置き換えても制動力の変化はわずかである。そこで、この発明では $aI_a + bI_f = A(a, b, A \text{ は定数})$ となるように制御するのである。バイアスを変えれば A_1B_1 直線は A_2B_2 直線のように変わり、所定速度における制動力を Z_1 から Z_2 に変えることができる。(c) 図はバイアス電流 $I_1 \sim I_3$ をそれぞれ一定としたときの速度対制動力の特性曲線を示している。

51. 中性子源装置用イオン加速装置

特許公報 昭 35-3577

発 明 者 A. J. Gale

特許権者 High Voltage Engineering Corp.

この発明は井戸探測などに用いられ中性子を放射するための簡潔なイオン加速装置に関するもので、第3図に示すように、陽イオン源4aと、これから間隔のある位置にある標的8と、陽イオン源からの陽イオンを標的に向い加速させる電圧源13と、陽イオン源および標的を包囲しかつ低圧のガスを入れた密封された包囲物4とを設け、陽イオン源に発電機14により電界を作り、電極26および81を使用してこの電界を陽イオン源内に分布させるとともに、磁極を使用して同じ陽イオン源内に分布する磁界を作り、電界の作用のもとに電子を電極26から放出させるようにしたものである。

第 3 図

52. 過電流制限回路付半導体整流装置

特許公報 昭 35-4914

発 明 者 樋口佐兵衛, 増井康孝

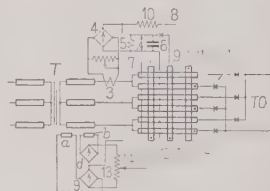
特許権者 京三製作所

一般にシリコンなどの半導体整流器では、セレンなどの金属整流器に比較してその電流密度が1,000倍以上にも大きく、そのため熱容量が少なく、過電流を許しうる時間がきわめて短い。そのため、これら半導体整流装置における過電流制限はきわめて動作時間の短い速動形しゃ断器を用いるのが普通であるが、そのような方式ではそのつどしゃ断され、再起動を必要とし、遠隔制御、無人化には不つごうである。この発明の目的の一つは速動形

しゃ断器を用いることなく、短絡あるいはその他の過電流時に自動的に出力を低下させ、再び定格出力に自動復帰させることであり、他の目的

は整流素子の過電流時間特性に合わせた適当な時限をもって出力制御回路を動作させ、半導体整流素子の耐える短時間負荷を供給することである。

次にこの発明装置の構成を示せば、第4図のように主整流体1と可飽和リアクトル2とを結合して自己飽和形磁気増幅器を構成させ、直流出力電流に比例する電流を変流器3により取り上げ、整流器4を介して抵抗5とキャパシタ6とからなる遅延回路7に通し、抵抗5に生ずる電圧を非直線素子8により基準電圧と対比して得た出力を、可飽和リアクトルの過電流制限用励磁コイル9に供給するものである。



第 4 図

53. ブラウン管けい光膜の処理方法

特許公報 昭 35-5816

発 明 者 常田朝秀, 斎藤安央, 小林男也

特許権者 東京芝浦電気

この発明はテレビ受像管の画面における外部光線の反射のために、映像の黒レベルに相当する部分の輝度が上昇して映像のコントラストを減少させるなどの欠点を除去するための、ブラウン管けい光膜の処理方法に関するものである。

すなわちこの発明では、沈降法などの適当な方法でブラウン管ガラス容器に硫化物系けい光膜を被着させたのち、そのけい光膜の湿潤状態でガラス容器の外部から紫外線を照射して、ガラス壁に接するけい光膜表面だけを黒化させる。

そのためにけい光膜表面における外光部の反射量は著しく減少し、しかもガラス壁接触面以外のけい光体はなんら変化を受けないので充分な発光機能を維持し、かくして映像のコントラストが大幅に改善され、より明るい照明下においても充分な映像が得られる。

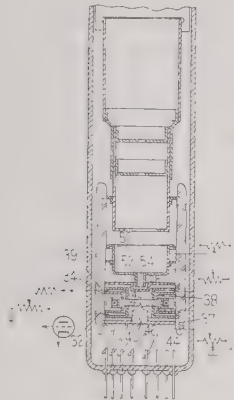
54. 電 子 銃

特許公報 昭 35-5817

発 明 者 James William Schwartz

特許権者 R. C. A.

この発明はきわめて低電圧で駆動される陰極線管電子銃に関するもので、第 5 図にその断面図を示すよう



第 5 図

すい面を持つ探り電極 46 が設けられ、中心に穴 54 をあけた凹部 52 を持つ物体電極 50 が、前記電極 39 に隣接して設けられる。

動作時には、制御格子 32, 34, 加速電極 37, 39, 探り電極 46 が静電界を形成し、陰極から放出された電子は壁部分間の環状孔で半径方向に加速され、前記電子はさらに陰極 22 の軸方向に偏向され、物体電極 50 内で集束されて穴 54 を通過する。

したがってほぼ同一速度を持つ電子だけが穴 54 を通過することになり、制御電極の電位を変えることによって電子流を制御でき、けい光膜上のビーム集束をビーム電流と無関係にすることができる。

55. 液体濃度測定方式

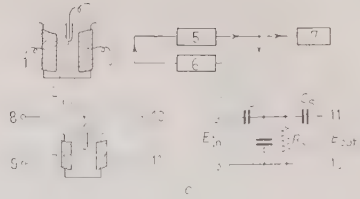
特許公報 昭 35-5845

発 明 者 植田健二

特許権者 三菱造船

この発明は被測定液体に浸漬されない間接極と、その溶液に浸漬される直接極との組み合わせによる 3 個の極を持つ特殊電極を電子管発振器と共働させることにより、被測定液体の溶液抵抗の変化をもって、その液体の濃度を測定するようにしたことを特徴とする液体濃度測定方式である。

第 6 図 (a) で間接極 1 および 3, 直接極 2 を図のように組み合わせると、等価的には近似的に (b) 図に示したように抵抗と容量とからなる一種の減衰器と考えられるので、端子 8 および 9 間の入力電圧を E_{in} , 端子 10 および 11 間の出力電圧を E_{out} とし、溶液抵



第 6 図

抗 R_s , 周波数 f , 電極間容量を C_s とすると,

$$E_{out} = E_{in} R_s / \sqrt{R_s^2 + (1/2 \pi f C_s)^2}$$

という関係式になり、入力電圧 E_{in} と周波数 f を一定にすることによって出力電圧 E_{out} は溶液抵抗 R_s だけの関数となる。そのままでは感度不十分であるから、その電極を発振回路の一部として (c) 図に示した結合回路 6 とし、それを増幅回路 5 との間に正帰還を行い R_s の微小変化による出力 E_{out} の増幅と電極への入力 E_{in} の両方を兼ねさせ、計器回路 7 で溶液濃度 R_s の変化を知るようにする。

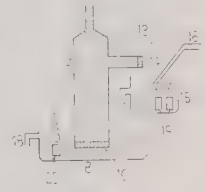
56. 連続電量分析装置

特許公報 昭 35-5847

発 明 者 山下 照, 高橋 昭, 広田 栄

特許権者 電気式化学計器研究所

この発明は連続電量分析装置の改良に関するもので、第 7 図に示すように電流だけ通す隔膜 10 で分割された一方の電解そう 9 の側壁に、電解液および電流を通す隔膜 13 を設け、この隔膜 13 を通ってそう外に流出する電解液がこれと適当な間隔をもつ電解用電極 14 に沿って流下するようにし、この際電解生成された試薬がその下方に設けた検出そう 15 内に落下して試料と混合された後、他方の分割電解そう 8 に流入するように構成されている。



第 7 図

いま管 16 から試料を検出そう 15 に導入するとともに電解電極 14, 20 間に直流電圧を印加すれば、隔膜 13 を経て流出した電極 14 側の電解生成試薬は、直ちに検出そう 15 に落下し試料と混合反応するので、この混合液の性質に応じた出力を検出電極 19 によって取り出せば、これにより電解電流を制御して混合液の性質を特定のものに保つことができる。そして特に電極 14 側の生成物と電極 20 側のそれとが隔膜 10, 13 で二重に隔てられているため、これらが直接混合するおそれがないばかりでなく、電極 14 側の生成物は生成と同時に検出そう 15 に落下して試料と混合され、その間にほとんど時間遅れがないから、測定指示をきわめて安定に行わせることができる。

57. 時分割多重 n 次階差パルス 変調通信方式

特許公報 昭 35-6559
発 明 者 喜安善市, 宇野秀郎, 山岸金吾
特許権者 電電公社

この発明は送ろうとする信号を予測し、真の信号との差だけを送ることにより伝送効率を改善しようとするものである。信号 $f(t)$ と適当な時間だけ遅れた信号 $f(t-\tau)$ との差 $f'(t) = f(t) - f(t-\tau)$ を順次選出伝送し、受信側で $f'(t)$ を再生し積分すれば原信号 $f(t)$ をうる。これは信号 $f(t)$ を階段波で近似させたものだが、曲線で近似させれば、近似度は高まる。このためには一次階差信号 $f'(t)$ に対してもう一度同様な操作をすればよい。この場合を第 8 図により説明すれば、このときの近似波形である二次階差信号は

$$f''(t) = f(t) - 2f(t-\tau) + f(t-2\tau)$$

であるから、信号 $f(t)$ を直接、また時間遅延回路と増幅度が 2 倍の位相反転回路からなる増幅器 1 および 2 時間遅延回路 2 をそれぞれ介して混合器 3 に加え、その出力 $f''(t)$ を 4 で

周期ごとにパルス発生器 7 の出力により標本化して振幅変調された正負パルスからなる信号 $h(t)$ として伝送する。受信側では振幅変調パルス列を再生し 8 に示すような 2 重積分回路 5 で積分し、低域フィルタ 6 を通して信号 $f(t)$ を再現する。この考えを拡張し、一般に信号 $f(t)$ の時間 t に関する第 n 次階差

$$f^{(n)}(t) = [f(t) + (-1)^1(n_1)f(t-\tau) + (-1)^2(n_2)f(t-2\tau) \cdots + (-1)^nf(t-n\tau)]$$

を作り、この $f^{(n)}(t)$ を t ごとに順次調べ、パルス変調して送信し、受信側ではパルス振幅変調波としそれを n 重積分して低域フィルタを通せば $f(t)$ を再生できる。階差が多いほど近似度は増し、パルス伝送効率がよくなる。

58. 電気的アナログ値計算回路

特許公報 昭 35-6765
発 明 者 Etienne Honeré & Emile Torcheue
特許権者 Compagnie Generale de Telegraphie Sans Fil
Societe Marocaine de Recherches D'etudes et de Developpements
"SOMAREDE."

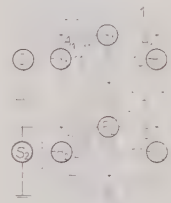
この発明は、 $V_1X_1 + \cdots + V_NX_N = 0$ の形式の問題を解くに適するもので、第 9 図で S_1 を電源 S_2 を高抵抗負荷、1 を実抵抗 R_1 および負抵抗 $-R_1$ からなる四端子回路、同様に 2 を R_2 および $-R_2$ からなる四端子回路とすれば、点 A_1, A_2, B の電位をそれぞれ V_1, V_2, V_3 、アドミタンス $X_1 = 1/R_1, X_2 = 1/R_2$ として、次の式が成立する。

$$X_1 V_1 - X_1 V_2 - X_2 V_1 + X_2 V_2 - X_2 V_3 = 0$$

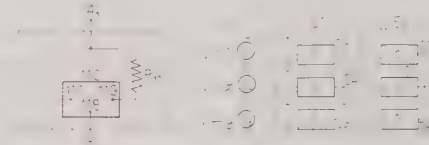
これから

$$V_1X_1 + V_2X_2 = 0 \quad \text{すなわち} \quad V_2 = -\frac{X_1}{X_2}V_1$$

となる。したがって電源電圧および R_1, R_2 の値を変化させることにより、乗除などの演算を行わせることができる。負抵抗としては、増幅器および帰還抵抗 R_{11} からなる第 10 図の回路が使用され、このとき等価的に $-R = R_{11}/g$ を得る。 $(g$ は増幅器の利得) この計



第 9 図



第 10 図

第 11 図

算回路の特徴は入出力関係が可逆であること、および各点と接地間の漏れ抵抗による誤差の影響が少ないことなどがあげられる。また、連立方程式

$$aX + bY + c = 0, \quad a'X + b'Y + c' = 0$$

を解くように構成した回路が第 11 図に示される。

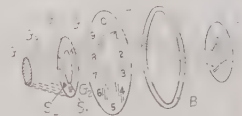
59. 計算機用数字像を表示する電子管

特許公報 昭 35-6928
発 明 者 Pierre Balaskovic
特許権者 N. V. Philips

この発明は陰極から出る電子流を多数のグリッドで制御して、有孔陽極の所望の個所を通過させてけい光膜に記号を表示するものである。

実施例を第 12 図によって説明すると、排気容器内に収めた面積の広い陰極 C から出る電子流を、多数のグリッド $G_0, G_1 \cdots G_9$

に適当な電圧を与えて制御し、陽極 A の数字孔の所望の 1 個所だけを通過させ、集束電極 B にあって、けい光膜 E 上に数字を表示し得るようにしたものである。



第 12 図

この電子管は慣性が小さいから高速度の計算機用に適し、また陰極と陽極を共通にした 10 個の三極管であるから動作電圧も低く、その所要電力も低減しうる利点がある。

60. 絶縁および導体抵抗計

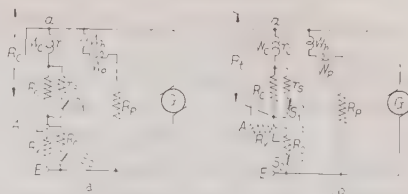
特許公報 昭 35-7237

発 明 者 矢内 博

特許権者 日立製作所

この発明は日本標準規格 (JIS C 1301) による有効目盛外の低位目盛点と、零目盛間を特に拡大した導体抵抗目盛を持つ絶縁および導体抵抗計であって、従来の絶縁抵抗計にその有効目盛外の目盛を含む導体抵抗目盛を付加して、零から連続的に抵抗測定ができるようにしたものである。

第 13 図 (a) および (b) はそれぞれ絶縁抵抗計および導体抵抗計として使用する場合を示し、空けき磁束密度分布が磁軸に対しほぼ対称な磁界内に、電流コイル W_C 、電圧コイル W_P 、および補助コイル W_h を



第 13 図

可動部主体として支承させた絶縁抵抗計の電源 G の一端に補助端子 A を設け、線路端子 L と接地端子 E の間にスイッチ S_2 を介して高抵抗 R_C を接続し、そしてこの高抵抗を電流コイル回路の直列高抵抗 R_C' とほぼ等しい値に選定して構成してある。なお、絶縁抵抗を測定するときはスイッチ S_1, S_2 を開放しておき、端子 L, E 間に被測定物 R_X を接続し、導体抵抗を測定するときは両スイッチを閉じ被測定物を端子 A, L 間に接続すればよい。

ニ ュ ー ス

◇ 常磐線、北九州など電気運転始まる

国鉄では来る 36 年 6 月に次の線区が電化完成の運びとなった。

▽常磐線上野一水戸間 常磐線は上野一取手間 (37.4 km) はすでに電車運転を行なっているが、常磐線全線の電化開通を目標として去る 33 年度から取手以北の電化工事に着工、今回取手一水戸 (勝田) 間 (83.7 km) の電化設備が完成した。常磐線の電化延長は柿岡地磁気観測所に対する影響などを考慮して取手までは直流電化であるにかかわらず、交流電化を行なった。20 kV 交流と 1,500 V 直流との交直接続は取手一藤代間で車上切換え方式によることとした。交直切換え地点設備としては電車線に約 20 m のデッドセクションを設け車両走行中に交直切換えを行なう。この場合、運転士の取り扱いがデッドセクション進入前にノッチをオフとして車両が新電流区間にはいったら当該電流に切換えて力行する。したがって長編成電車の場合は一せいの惰行順次力行となる。もしこの取扱いを失念、その他により異電源区間へ冒進した場合は、これを検知して自動的に ABB を開放して防護する。また直流側の帰線電流が交流区間へ遊流する場合は、前述の地磁気観測に影響をおよぼすため軌条を絶縁して絶対に遊流を生じないように措置されている。

上野一勝田間にはさしあたり 44 両の交直両用電車 (1 編成 4 両単位で $Tc \cdot M \cdot M' \cdot Tc$) を新製投入して電車運転のみを行なうものとするが、このため勝田へ

電車庫を新設した。さらに電化工事が平まで完成したとき交直両用電気機関車 (ED 46 形 1 両試作済み、交直全出力 1,400 kW) による電機けん引を行なう予定である。

▽山陽本線小郡一下関間、鹿児島本線門司港一久留米間 ともに 33 年度から電化工事を施行していたが両線区とも電化設備が完成した。山陽本線は全線直流電化の計画ですでに倉敷まで電気運転を行なっているが、倉敷一下関間は全線にわたって電化工事施行中であり、今回の小郡一下関間 (65.4 km) は当分の間電車運転のみを行ない、山陽全線完成のときに電機運転を行なう予定である。

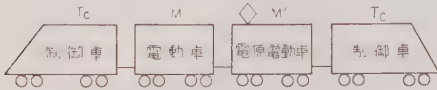
鹿児島本線は九州地区の交流電化の計画によって交流 20 kV で電化した。したがって、関門トンネルの直流との接続は車上切換え方式によることとし、この設備は常磐線と同じく約 20 m のデッドセクションが関門トンネルを出て門司駅構内へはいる直前の箇所へ設備されている。したがって関門トンネルは現在 EF 10 形直流機関車で下関一門司間の運転を行なっているが、門司駅構内交流化の後は交直両用機関車 EF 30 形 (交流出力 400 kW 10 分、直流出力 1,800 kW 1 時間) で運転する。なお電車は交直両用電車をさしあたり 32 両新製投入し、逐次追加投入の予定であるが、電車はすべて山陽本線小郡一下関間と共通運用とし、小郡一久留米間の直通運転が実施される。またこれに伴って電車庫は南福岡へ新設したが、電気機関車は既設門司機関車の改修を行なった。なお交流機関車に

よる電機運転は 36 年度末頃からの予定である。

なお東北線についてはすでに 3 月 1 日福島—仙台間 (79.3 km) の電化設備が完成し、上野—仙台間の電氣運転が開始された。黒磯で交流、直流の機関車をつけかえる接続方式を採用している。

▽使用される交直流電車 鹿児島本線門司—久留米間に使用する交直流電車は、現在 2 編成 8 両が完成し練習運転にはいっているが、営業開始までにはさらに 6 編成 24 両が製作される。(本年度末までにはまた 10 編成 40 両造られる) この電車は常磐線に使用されるものほとんど同じで、ただ周波数の違いによる相違ぐらいである。

編成は、下図のようになっている。



電源電動車は主変圧器、シリコン整流器、交直転換器、主電動機、パンタグラフ、避雷器などをもち、電動車は主電動機、MG、主制御器、主抵抗器などを装置している。また制御車は空気圧縮機などをもっている。

室内設備は、クロスシートとロングシートと約半数ずつで、出入口は 3 つドア、あとは中央線の新形通勤電車と同じと考えてよい。また車体外部の色は、ブドー色がかった赤色で、黄色い帯がはいっている。要目は表のとおり。

電車要目表

車 種	形 式	定 員
2等制御車 (Tc)	クハ 421	116 名
2等電動車 (M)	モハ 421	128 名
2等電動車 (M')	モハ 420	128 名
項 目	摘 要	
電動車 1組の性能		
1時間定格出力	775 kW	
1時間定格引張力		
{ 70 % 界磁	4,800 kg	
{ 40 % 界磁	3,640 kg	
1時間定格速度		
{ 70 % 界磁	59.5 km/h	
{ 40 % 界磁	78.5 km/h	
最大運転速度	110 km/h	
動輪直径	860 mm	
歯 車 比	17: 82=1: 4.82	
主電動機	MT 46 B, 375 V, 100 kW, 300 A, 1,860 rpm	
主変圧器	床下吊下用, フォームフィットタイプ, 連続定格 800 kVA	
整 流 器	強制通風式シリコン整流器, 単相ブリッジ結線, 810 kW	
交直切換え方式	一せいで進行, 順次力行式	
制御方式	直並列, 弱め界磁, 総括制御, 発電ブレーキ付	
ブレーキ方式	発電ブレーキ併用電磁直通ブレーキ, 電磁直通ブレーキおよび手ブレーキ	

◇ 電鉄変電所負荷配分装置の実用化

電鉄変電所には、車両の走行に伴ない、断続的に大負荷がかかるため、1 時間平均最大電力ではまだ充分余裕がありながら、瞬時最大電力のため過負荷となり、容量増加を必要とする場合が少なくない。この対策として、国鉄では整流器の電圧変動率を非直線になるよう自動制御し、隣接変電所に負荷を分担させ、電車線最低電圧がかえって上昇するような「変電所負荷自動配分方式」を研究中であったが、この実用化第 1 号として昨秋、岡山地区電化にあたり実施し、試験の結果はおおむね良好であった。さらに今年 3 月二三の点を改良したものが東北線宇都宮地区に実施された。この装置は今後国鉄標準方式として採用される予定である。

◇ 国鉄本社に踏切保安部設置

踏切事故はますます増加の傾向にある。特に最近の事故はその結果が悲惨であり、列車の運行に大幅な支障を生ずることが多い。国鉄ではこの事態に対処するため、本社内に踏切保安部を設け、踏切関係の業務を集約して責任体制を確立し、総合的な施策を推進することとなった。

新設された踏切保安部は、業務上関係の深い施設局に所属し、これまで各局で分散所管していた踏切関係業務を取り扱うことになるが、この踏切保安部の発足によって、国鉄の踏切対策はいっそう強化される。

統合される業務のうち、おもなものは、法規の改正、部外機関との折衝協議、踏切事故の統計分析、交通量調査、立体交差計画、踏切警報機、自動シャ断機など電気設備の策定などであって、これらは従来施設局、電気局、運転局などでそれぞれ所管していたものである。

◇ 全アルミ変電所登場

20 世紀の金属として、アルミおよびアルミ合金が大幅にいろいろの分野に進出しているが、電気の分野でも、在来の銅、鉄にかわり、その良好な導電性、軽量、良好な耐食性、加工性のために、導電体はもちろん構造物にも逐次アルミ、アルミ合金が使用されてきている。わが国でも最近屋外発変電所で、母線としてのアルミパイプが登場しているが、今回、構造物、母線など全部をアルミで作った全アルミ変電所が登場した。これは古河アルミニウム工業小山工場の 4,500 kVA, 60 kV/3.3 kV 屋外受電変電所と神戸製鋼所長府工場の 25,000 kVA, 100 kV 受電屋外変電所である。

古河アルミの変電所は 35 年 11 月完成、母線は 60 kV 側は 35 mmφ, 3 kV 側は 100 mmφ の 63 S-T₆ パイプを使用している。また構造物は 61 S-T₆ 材を使用している。いずれも強度が大で、耐食性良好、溶接が容易であり、全所要量は約 4 トンである。なお、よ



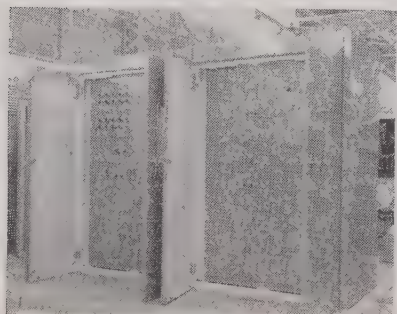
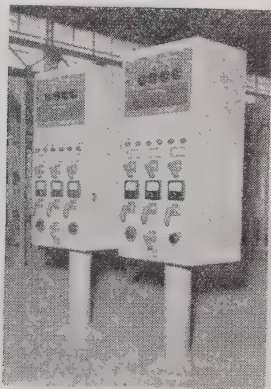
小山新工場変電所全影

り線の一部には古河耐熱アルミ合金線を使用している。写真にみられるように簡素で明るい色彩である。

神戸製鋼の変電所は36年2月完成、既設建屋の屋上にアーチ形のアルミ製配電盤室をつくり、屋外構造物も神鋼製耐食アルミ合金(NP 36)を使用したもので、アルミおよびアルミ合金の全所要量は約16トンである。

◇ 逆転式冷間圧延機の自動厚み制御装置

製鉄工業はもっともオートメーション化が進んでいる産業の一つであるが、その一端としてストリップミルの自動厚み制御は欧米ではすでに各所で実施されて



きた。わが国では、このたびはじめて日立が逆転式冷間圧延機の自動厚み制御装置(AGC)4セットを完成し、すでに実用運転にはいった。

従来ストリップの厚み精度は、もっぱら圧延機運転者の技術と経験によって保たれていたが、圧延速度も次第に高くなり、また厚み精度に対する要求も高まるにつれて不十分となりAGCの必要性が生じてきたのであるが、このたび完成されたAGCは従来欧米で実施されてきた方式とは異なり、圧延圧力の変化による張力制御と厚み計によって検出された厚み偏差による圧下のサンプリング制御との併用による全く独自の方式で、運転実績の一例では、仕上り厚み0.3mmのストリップで厚み誤差は ± 0.003 mmというきわめてすぐれた結果が得られている。写真はAGC装置の外観である。日立ではこのほか、センジマーミルのAGCを初め熱間圧延機の自動プログラム運転装置などを多数製作中であるが、これらエレクトロニクス技術が現在急速に一般産業に応用されている。

◇ 開発される計算機用の薄膜素子

真空蒸着などの方法で作った磁性物質の薄膜は、電子計算機のフェライトコアのメモリーに代わるものとして、内外で多数の研究が進められているが、将来はスイッチ素子としてもトンネルダイオードより割安になると見られている。

磁気薄膜ですぐれている点は、将来連続自動式の製造法をとれば、作りやすく値段も安くなる見込みが大きいこと、フェライトコアと比較すると消費電力が1/1,000ぐらいで100倍ぐらい速いスイッチ速度が得られること、トンネルダイオードと異なり常時は電力を消費しないことなどである。

現在は製作法が充分開発されておらず、精密な制御法を用いて、得率を高めることが問題点である。

なお磁性膜のほか、絶縁用に SiO_2 、接続用にAl、抵抗用にニクロム、容量用に誘電体酸化物の薄膜を、適当な形に、次々に幾層も重ねて作る計算機回路のモジュールも開発されつつある。

◇ 機械で論文を要約させる試み

機械要約法は電子計算機に論文の要約を作らせようとするもので、各所において種々の試みが行なわれているが、いずれも統計的方法を用いてなされている。こんど電気試験所で試みたものは、機械翻訳の知識を利用し、若干の文法を組み合わせたものである。

すなわちもとの論文の文章を取捨選択して簡単にする方法で、取捨選択の仕方は次のようである。

- (1) 単語の使用回数を調べる。
- (2) 適当な定数を掛けて単語の価値とする。
- (3) 価値の大きい数個の単語を選び、甲の組とする。
- (4) その次に価値の大きい数個の単語を甲の組に

加えて乙の組とする。

(5) 甲の組の単語を含む文章をすべて選ぶ。

(6) 前に選んだ文章のうち構造に関係しない単語や句を除く。ただし乙の組の単語に関係するものは捨てない。

(7) このように単純化された文章に若干の文法的操作を行ない、さらに簡単にする。

この方法で“The Cat and the Bell”を要約すると次のとおり。

Man got cat.

Cat killed mice.

When mice came, he said “Cat kill us.”

Put bell on cat

When cat comes, we hear bell.

Mouse said “Who puts bell on cat?”

この要約法は、プログラムを作って計算機で実際に要約させてみたわけではないが、次のような問題点がある。

(1) この方法では全体の2割ぐらいにしか縮められない。

(2) 語に飛躍があるとうまくつかめない。たとえば“The cat and the Bell”の最後にある“It is easy to say things, but it is hard to do them.”という文章は要約の中にはいってこない。

(3) 文章間の関係が考慮されていない。

◆ 名大にプラズマ研究所設立

昭和34年11月28日付で学術会議より勧告のあったプラズマ研究所は「プラズマ科学を体系的に研究し、あわせて核融合制御の原理を探究し、関連技術の開発の基礎を培養する」という目的で名古屋大学の付置研究所として昭和36年度から発足することに決まったものである。

高温プラズマを磁氣的に閉じこめることの可能性から核融合との関連が注目を浴び出したのはそう古いことではない。しかしプラズマのふるまいはなかなかむずかしい、荷電粒子群全体としての運動と個々の粒子としてのふるまいとのかねあひがあって、新しい科学体系として着実な研究を充分重ねることの必要がとえられている。その意味でプラズマ研究所が中核となって全国的な立場での衆知を集める共同利用研究が進展することが切望されるわけである。

本研究は昭和36年度から始まって3年で完成する計画で、理論部門3講座、基礎実験部門3講座、高温発生部門4講座を整備しようとの構想である。高温発生装置については、その試行が重要視される段階であるという意味で、工務部という独自の部門をもつことが考慮されている。

初年度としてはプラズマ力学(理論部門)、プラズマ

物性学(基礎実験部門)、プラズマ制御学(高温発生部門)の3部門、教職員35人が認められた。(工務部、事務部の職員も含んでいる)さらに初年度施設費として600坪、8,700万円、設備費1億円が見込まれている。設備の中で大きなものをひろくと、実験用電源、種々のプラズマ計測装置、プラズマ発生装置などであろう。

共同利用という立場での経費は初年度は見込まれていないが、その欠をうめるものとして科学研究費の中での総合研究費があげられよう。なお学術振興会のほうからの流動研究員として3~4名がプラズマ研究所に派遣される予定である。

◆ 理工学関係学生増員計画

科学技術振興の立場から科学技術者養成の問題はきわめて大切なことだが、科学技術会議への第1号諮問「10年後を目標とする科学技術振興の総合的基本方策について」に対する答申のなかでもこの点が強調されている。これに対する措置として文部省のとった方策は10年後に理工系卒業生を16,000人だけ増加しようという計画である。昭和35年度に第一次増員8,000人がすんだばかりであるだけに、特に教官をそろえるところになかなかむずかしい問題が含まれているのはいうまでもない。16,000人の増員を工学部系どのような割りふりにするかも当然問題となろう。種々の推計試算の結果によると機械系技術者の不足がもっともはなはだしく、次いで電気系(電気、通信、電子を含めて)、応用化学系(応用化学、化学工学、冶金金属を含める)というようにつづいていることにほとんど一致している。いずれにしても16,000人の内訳の大部分(約80%)はこれら3系の学科で占められるであろうと思われる。

この増員の中には国立大学のほかに公私立大学で受持つであろう部分も含まれており、そのほか現在審議中の高等専門学校(あるいは工業短期大学)の卒業生として社会の要望する中級技術者の養成もその一環としてはいっているのである。それらのくわしい比率、構成などについては現在検討中である。

総合的に見るとき、第一のあい路は専門科目の教員の不足である。これの対策としては

(1) 大学院の充実強化、大学院学生の定員増のための全額給費の問題、設備施設の充実など、(2) 産学協同の増強、大学教員の待遇改善、産業界の人の大学への出向を容易にするための方策など、(3) 教育方法の改善、基礎科目を重視することにより比較的得やすい理学部系大学院卒業生の獲得、教科課程の再考察により専門科目を可及的に減らすこと、機械的教育方法の採用などによってより多くの学生を教育できるような方法などが考えられている。

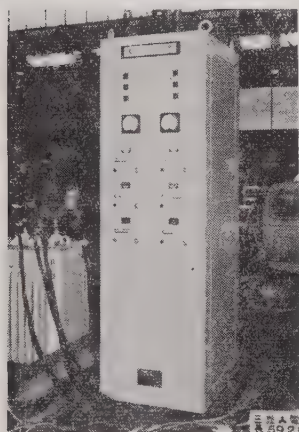
◆ レクチフロー電動機

レクチフロー電動機 (Recti-flow Motor) は、アメリカではもうかなり広く使われているが、わが国でも最近、誘導電動機の新しい制御方式として注目されるようになった。国産の大容量のものとしては、昨年初、三菱電機が徳山ソーダに納入、すえすけを終ったセメントキルン 駆動用 225 kW 2 台と 誘引通風機用 280 kW 1 台がある。



レクチフロー電動機

誘導電動機は速度を制御する場合、他の制御方式ではすべりに比例して電力損失を生ずるが、この方式によれば、電力損失を軸動力として回収し、駆動系の総合効率をすべての速度範囲にわたって高め、また速度調整方法としても、特別な調整装置が不要であり、速度調整は界磁電流を調整することによって、きわめて簡単に行なわれるなど大きな特長があるため、今後次第に需要が増加するものと思われる。



シリコン Rectifier

おもな特長は

○通常の商用周波数・電圧の下で、広い速度範囲にわたって効率のよい連続制御ができるが、従来の誘導電動機制御方式よりも、低速度領域で高効率 (92% 以上) であり、速度特性も良好であって、誘導電動機と分巻電動機の長所を兼ね備えたものといえる。

○直流電動機の界磁によって速度制御ができるので、制御に必要な電力は僅少であり、自動速度調整装置を付加することによって、速度変動率も著しく小さくすることができる。

○定格電流の 200~300% の範囲内で、割合い高くともなめらかな起動をするほか、機械的動力の一部が、交流電動機から直接に供給されるため、整流器の定格は小さなもので充分である。

○巻線形誘導電動機の使用によって、整流器の過負荷、開閉サージなどが保護されることになる。また特殊の場合には、変圧器から低電圧を直接に半導体整流器に印加し、直流電動機だけによる微速運転ができる。

三菱電機が開発されたレクチフロー電動機は、構造から分類すると、次の 3 種類である。(1) ユニットフレーム形：巻線形誘導電動機と直流電動機を 1 本の軸上にまとめたもので、およそ 60 kW 程度以下。(2) ベッドプレートカップル形：上記を、カップリングで結合したもので、70 kW 以上の大容量向き。(3) ベルトコンストラクション形：上記を、ベルトでカップルしたもので、ベッドプレートの長さに制限を受けた場合に有利である。

なお、徳山ソーダに設置された誘引通風機用 280 kW 電動機は、電圧：3,300 V、周波数 60 c/s、速度制御範囲：毎分 450~225 回転 (2:1)。また、セメントキルン用 225 kW 電動機は、電圧：3,300 V、周波数：60 c/s、速度制御範囲：毎分 540~154 回転 (3.5:1) で速度偏差は ± 4 rpm 以下である。後者は、双子駆動 (ツインドライブ) のため、自動負荷平衡装置を付加し、磁気増幅器により定速運転を行なうよう制御する。

◆ 高周波誘導加熱用大容量高周波発電機

単機出力では世界最大の誘導加熱用、10,000 kc、250 kVA 高周波発電機 2 台 (三菱電機製) が去る 3 月、関西高周波工業株式会社にすえつけられた。

金属材料への高周波誘導加熱の応用は、溶解・表面焼入・熱処理加熱・ロウ付けなど最近はいきわめて広範囲にわたっているが、これは加熱制御が容易なこと、加熱速度が早いことなどにより、オートメーションに好適であり、またコストの低下に役立つことなどの一般的な特長があり、ことに電動高周波発電機には、次の利点があるからである。

○通常の電動機を使用するのと同様に、保守取扱いが容易であり、消耗部品が少ない。

○変換率が他の形式のものよりすぐれている。

○大容量のものが容易に製作できる。

○最近の進歩した制御装置と組み合わせると、精密な自動制御が可能である。

誘導加熱以外の用途としても、磁気増幅器用の電源として、最近急激に需要が増加しつつある。

この高周波発電機は、250 kVA 2 台を並列に運転し、500 kW 焼入装置を動作させることになっているが、従来 10 kc 級では並列運転が不可能とされていた



高周波誘導加熱用大容量発電機

たものである。おもな仕様は次のとおりである。

容量：250 kVA 2台，相数：単相，電圧：800 V，周波数：10,000 c/s，力率：100%，極数：336，回転数：3,600 rpm，励磁電力：400 W，電流：625/312.5 A，形式：多極誘導子，全閉内冷形かご形誘導電動機駆動，電動機入力：330 kW，冷却水量：4.5 トン/h，全重量：6,000 kg

◇ 昭和 36 年電子機器生産見通し

電子機械工業会ではこのほど昭和 36 年の電子機器生産見通しをたてた。この生産見通しによると総生産額は 5,264 億円に達する見込みで，電子工業は他の工業にくらべ高い伸長率を示している。

この生産見通しは国民生活の文化向上，各種産業のエレクトロニクス化，受注生産機器の見込み，各種通信網の拡充，貿易の自由化，輸出の伸長など，あらゆる点から算定されたものである。

おもな機種別に見ると，ラジオ受信機 892 億円（前年比 128%），テレビ受像機 1,500 億円（108%），電蓄，ステレオ，テープレコーダなどの音声周波装置 515 億円（180%），電子応用装置 182 億円（160%），工業計器 255 億円（160%），半導体系子 287 億円（112%）となっている。伸長率で見ると従来急激な上昇を示していたラジオ，テレビ，半導体系子などはやや低下を示しているが，ステレオ，テープレコーダおよび受注生産機器，特に工業用テレビなどは相当見通しを上回るものと予想されている。

昭和 36 年電子機器生産見込みと昭和 34 年，35 年生産実績（金額単位：百万円）

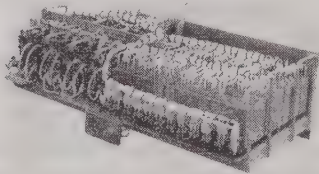
機 種 別	年 別 単 位	34 年生産実績		35 年生産実績		C/A	36 年生産見込み		35 年，36 年対比 (%)	
		数 量	金 額 (A)	数 量 (B)	金 額 (C)		数 量 (D)	金 額 (E)	数 量 D/B	金 額 E/C
電子機器総額	百万円		336,886		432,862	130		526,400		122
(1) ラジオ受信機	千 台	10,025	56,387	12,851	69,945	124	15,600	89,200	121	128
真 空 管 式	"	2,103	12,062	1,772	9,041	75	1,800	10,000	102	111
T R 式	"	7,922	44,524	11,079	60,904	137	13,800	79,200	118	130
(2) テレビ受像機	"	2,872	121,110	3,578	142,621	118	3,600	150,000	101	108
(3) 音声周波装置	百万円		14,713		28,594	184		51,500		180
テープレコーダ	千 台	232	5,228	446	8,841	169	880	16,000	197	182
ラジオ兼用電蓄	"	223	3,940	493	9,245	234	890	16,600	182	190
電気蓄音器	"	84	934	116	924	99	130	1,100	112	119
その他の音声周波	百万円		4,610		9,585	208		17,800		186
(1)～(3) 計	"		192,210		241,160	126		290,700		121
(4) 放送装置	"		4,925		3,865	78		4,600		119
(5) 無線通信装置	"		8,990		10,030	111		13,000		129
(6) 無線応用装置	"		4,142		4,484	108		4,900		110
(7) 電子応用装置	"		6,588		11,393	174		18,200		160
(8) 電気測定器	"		6,829		10,309	151		15,500		150
(9) 工業計器	"		10,356		16,991	165		25,500		160
(4)～(9) 計	"		41,830		57,072	137		81,700		143
(10) 電子管	"		51,279		61,600	120		61,000		99
受 信 管	千 個	117,832	25,361	155,257	29,805	118	180,000	23,000	116	77.4
陰 極 線 管	"	3,243	21,664	4,225	25,558	"	4,600	28,000	109	110
その他の電子管	百万円		4,254		6,237	147		10,000		160
(11) 半導体系子	"		19,041		25,662	135		28,700		112
ダイオード	千 個	33,095	2,507	44,990	2,654	106	60,000	2,700	133	102
トランジスタ	"	86,524	16,033	139,871	19,424	121	170,000	20,000	122	103
そ の 他	"	8,577	502	21,527	3,584	715		6,000		168
(12) 抵抗器	"	555,095	5,525	709,040	7,170	130	920,000	9,000	130	125
(13) コンデンサ	"	730,308	11,533	940,959	15,844	137	1,250,000	20,600	132	130
(14) 変成器	"	23,213	5,365	97,129	10,209	190	137,000	14,000	141	137
(15) スピーカ	"	9,903	4,125	19,906	5,883	142	25,000	8,300	125	149
(16) その他の部品	百万円		5,979		8,261	138		12,400		150
(12)～(16) 計	"		32,527		47,367	146		64,300		136

◇ 帝都交通地下鉄に自動列車制御装置

電車を自動化して無人運転することは、長い間の夢であったが、去る3月28日開通の帝都高速度交通営団地下鉄日比谷線に自動列車制御装置 (Automatic Train Control Apparatus, 略して ATC 装置) がとりつけられた。製作は三菱電機。

この ATC 装置によれば、これまで運転士が目で地上信号を見て速度制御を行っていたのに対し、運転士の知覚をへないで、直接自動的に運転指示を行なうことができる。すなわち、地上信号からレールを通して高周波信号電流が電車に送られ、自由に電車の速度制御を行なう。著しく短い運転間隔で電車を走らせてもきわめて安全に運転できるようになっている。

この装置は、この特長のほかに、器具の面でも従来



サイバック式論理継電器箱

の観念とは全く変わったものを採用し、有接点継電器に代って、無接点継電器“サイバック”を大幅に使用、そのほかトランジスタ増幅器、磁気増幅器などを用いて装置の信頼度を著しく高めている。

装置の構成は、地上装置と車上装置に分かれ、地上信号装置から5種類の信号が必要に応じて、普通はレールを通し、特殊な場合は添線を介して送信されると、車上では台車に設置された受電器により、信号をキャッチし、次に受信器により増幅選別して、地上信号装置からの信号がどの種類のものであるかを判断し、速度指示を与える。一方車上にある速度発電機から、電車の速度が時速何キロメートルであるかを、速度照査器により判別し、論理継電装置によって、指示速度と照査速度とから、力行または惰行、全ブレーキ、非常ブレーキなどの判断を行ない、制御装置にそれぞれの指示を行なえば、制御装置は直流式の最高級エレベータに現在導入されている方式と同じような、パターン制御方式により、自動的に円滑な加速・停止などの諸動作を行なうことができる。

なお、この線の電車には、走行中の列車と地上との連絡のためには、誘導無線装置が設置されているほか、将来東急、東武線へ乗り入れすることを考慮し、自動切換とその保護なども考慮してある。

新
鋭
!!

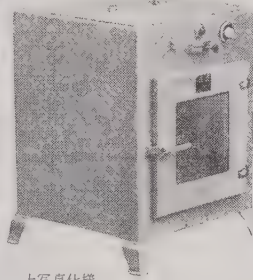
半導体 熱処理

研究用・中間試験用・各種

電気定温器

高性能

精密恒温
温度調節
自動温度調節器付
カテゴリー



上写真仕様
室内寸法 450×400×400 mm
定温範囲 40~60°C±1°C
自動温度調節器付
扉窓、室内灯、温度ヒューズ付

室内寸法
2,000 mm
追各種
温度
60°C, 200°C
250°C, 300°C
350°C
電式
各種ファン付
各種真空管
リレー付
室内
銅板・ステン
レス板・鉄板

大成化学機械株式会社

東京都千代田区神田美倉町四番地

電話 (251) 8277 (代)

本 会 記 事

3 月 理 事 会

昭和 36 年 3 月 28 日午後 5 時 30 分から日本交通協定会議室にて開催、後藤会長、宮本副会長、関、木村、荒川常務理事出席、長島参事、田野弼託、柏原、久田主事、長島書記および飯島通信教育会主事、栗原同属託列席、次の事項を協議した。

1. 前回議事録の承認
2. 報 告
 - (1) 2 月決算報告および会員異動、雑誌発行状況
 - (2) 通信教育会事業
 - (3) 次期役員選挙結果(4 月本会記事参照)
 - (4) 功績者選定結果(4 月本会記事参照)
 - (5) 電気記念日における電気関係功労者の表彰(本会員 11 名)
 - (6) 会員の声(役員選挙の際申し出でのもの)
 - (7) 36 年電気四学会連合大会の準備状況
 - (8) 海外よりの来訪者
 - (a) 英国 GE 社、英国機械学会会長 O.A. サンダース氏(3 月)
 - (b) 米国 GE 社元副社長、元米国機械学会会長 G.B. ワーレン氏(4 月)
 - (c) M.J.O. ストルット氏(6 月)
 - (9) 東洋レーヨン科学技術研究助成金受領者(本会推薦分)阪本捷房君外(3 月)
 - (10) 編修理事 小沢健一君逝去(3 月 9 日)
3. 前会長、前副会長会開催の件 5 月 8 日を予定した。
4. 通常総会特別講演 候補を決定した。
5. 編修委員会規程の改正 委員数増加等の改正案を決定した。
6. 桜井資金規程案 一部を修正の上決定した。
7. 規格会館の借室(事務所移転) 諸事情を勘案し処置することとし、会長に一任した。
8. 専門委員会の設置 次の 3 委員会を設置することとした。
 - (1) 電気設備防食(調査)専門委員会
 - (2) シリコン(調査)専門委員会
 - (3) 絶縁材料照射(調査)専門委員会
9. 専門委員会の解散
 - (1) 自動制御専門委員会
 - (2) 搬送周波標準測定専門委員会
 - (3) 放射線計測専門委員会
 - (4) 電子管試験法専門委員会
 - (5) ゲルマニウム専門委員会
10. 雑誌印刷費の値上りに関する件 担当理事に

おいて調査の上措置することとした。

4 月 役 員 会

4 月 18 日午後 4 時から電気クラブ会議室にて開催、後藤会長、福田、宮本両副会長、関、山田、和田、木村、上之園、柳井、岡村各常務理事、実吉、正坊地各評議員出席、ほかに会長への委任状 21 通、長島参事、田野弼託、柏原、久田主事、長島、上杉書記および異通信教育会専務理事、飯島同主事、栗原同属託列席、次の事項を協議した。

1. 昭和 35 年度収支決算に関する件 一般会計、調査会計、出版会計および通信教育会会計各決算報告書案を附議し、それぞれ原案を承認した。
2. 昭和 36 年度予算に関する件 一般会計、調査会計、出版会計および通信教育会会計各予算案を附議し、それぞれ原案通り決定した。
3. 編修委員会規程改正に関する件 編修委員会委員の増員案(現 70 名を 100 名とする)につき説明があり承認された。
4. 桜井資金規程に関する件 故桜井虎三郎氏御遺族からの寄附金利子による、国際的な会合への出席者に対する補助金支出に関し規程を制定したい旨説明があり、原案通り決定した。ちなみに本規程の運営については、追て細則を制定の上、一般に周知し希望者を募集する予定とした。
5. 報 告
 - (1) 次期役員改選結果(4 月号本会記事参照)
 - (2) 功績者選定結果(同上)
 - (3) 通常総会予定 5 月 20 日(土)蔵前工業会館 特別講演-最近の宇宙科学技術(高木 昇君)
 - (4) 昭和 36 年電気四学会連合大会の状況(別記参照)
 - (5) 委員会の設置
 - 直流機標準特別委員会(2 月)
 - 電気設備防食(調査)専門委員会(3 月)
 - シリコン(調査) " (3 月)
 - 絶縁材料照射(調査) " (3 月)
 - (6) 委員会の解散(3 月)
 - 自動制御、搬送周波標準測定、電子管試験法、放射線計測、ゲルマニウム各専門委員会
 - (7) 雑誌の体裁変更 1 月号から「みどころ、目次、会告」に色紙を使用し、本文の直前におく
 - (8) 小沢編修理事の逝去(3 月)
 - (9) 雑誌広告料の値上げ(4 月号から約 20%)
 - (10) 火力座談会を火力発電技術協会と共催(3 月)

23 日)

- (11) 37 年 9 月, 日本にて開催する キャピテーションおよび水力機械国際会議の後援を承認 (1 月)
- (12) 本年 10 月頃開催予定の自動制御連合講演会の後援を承認 (2 月)
- (13) 東洋レーヨン科学技術研究助成金応募者の推薦 (3 件—1 月)
- (14) 海外よりの来訪者
英国機械学会会長 O. A. サンダース氏 (3 月懇親会等共催)
米国 GE 社, G. B. ワーレン氏 (4 月 13 日講演会共催)
スイス, チューリッヒ工科大学教授 M. J. O. ストルツ博士 (6 月講演会共催—会告参照)

4 月 理 事 会

4 月 18 日午後 5 時 30 分から電気クラブ会議室にて開催, 後藤会長, 宮本副会長, 関, 山田, 和田, 木村, 森, 上之園, 柳井, 岡村各常務理事出席, 長島参事, 田野囑託, 柏原, 久田主事, 長島, 上杉参事および飯島通信教育会主事, 栗原同囑託列席, 次の事項を協議した。

1. 前回議事録の承認
2. 報告 (1) 会員の異動, 雑誌発行状況, 通信教育会事業, (2) 日本工学会の理事学会選出 (4 月—電気通信学会) および同会総会 (4 月 28 日) 等
3. 支部費分配案 原案通り決定
4. 除名, 欠損処分 長期会費滞納者等の除名, ならびにこれ等会員の未納会費に対する欠損処分を決定した。
5. 通常総会次第 原案通り決定
6. 引継理事会および引継事項 5 月 20 日総会終了後開催することとし, 引継事項を決定した。
7. エレクトロニクス協議会から申し出での, 本年秋本邦にて開催する, アジア, エレクトロニクス会議の後援を承諾することとした。
8. 編修委員会委員の選定 増員委員の一部の入選につき説明があり, これを承認した。
9. キャピテーションおよび水力機械国際会議の後援に関する件 次期役員への引継事項とした。

4 月 編 修 委 員 会

4 月 12 日午後 5 時 30 分より電気クラブ 5 階会議室にて開催。森, 柳井, 上之園幹事, 山村, 日高, 矢崎, 山川主査, 小林, 石崎, 藤井, 日下部 (代), 矢坂副主査, 沼崎, 土井, 尾出, 市東, 福井, 黒川委員, 長島, 川島書記出席。下記事項を協議した。

1. 編修委員増員者選定の件 各部門より提出された候補者について検討し, 24 名の委員を選定した。

なお部門によっては予定増員数に満たなかったが, これについては 6 月定期改選期に充足することとした。

2. 36 年連合大会シンポジウム掲載の件 「プラズマとマイクロ波」, 「短絡容量対策」, 「電鉄に関する諸問題」, 「電気機器に関する諸問題」の 4 件について雑誌掲載の可否を検討することとした。
3. 「耐雪設計」の特集論文を依頼することとした。
4. 下記 7 件の寄稿を採録と決定した。
「水銀整流器電極ガラス封入部内の温度分布と内部応力」
「水銀整流器の負荷耐量について」
「直流サーボモータの設計法」
「非線形回路の動的共振特性」
「サイクロン制御直流直巻サーボモータの動特性について」
「極数変換突極同期機の制動巻線インピーダンス」
「電気集塵器の入口ガス調温による集塵性能向上について」

昭和 36 年電気四学会連合大会

日 時 4 月 7 日～11 日

講演会場 大阪大学本部, 医学部, 工学部

特別講演 (4 月 7 日午前, 2 会場, 予稿配布)

- (1) システム工学について
大阪大学 熊谷 三郎君
- (2) 現代建築の考え方と照明
東京大学 平山 嵩君
- (3) テレビジョンの国際中継について
NHK 鈴木 桂二君
- (4) 通信技術の現状と将来
日電公社 米沢 滋君

部門講演 (1) は 7 日午後, (2) は 9 日午前, 予稿配布)

- (1) 電子写真 電気試験所 木脇 久智君
 - (2) 南極地域における氷冠上の電波伝播およびアンテナについて 電気通信大 芳野 赴夫君
- シンポジウム (7 日午後～9 日午後, 各日 2 会場)
1. プラズマとマイクロ波 (講演 3 件)
 2. 超高速計算機の諸問題 (〃 7 件)
 3. 絶縁材料の非破壊試験 (〃 4 件)
 4. 電気鉄器に関する諸問題 (〃 7 件)
 5. 電気鉄道に関する諸問題 (〃 6 件)
 6. 短絡容量対策 (〃 9 件)
 7. テレビジョンに関する照明について (〃 6 件)
 8. 固体中の超音波の応用 (〃 6 件)
 9. カラーテレビジョン受像機 (〃 5 件)

一般講演 (7 日午後～9 日午後, 19 会場) 1,670 件
大会参加者 約 2,500 名

懇親会 7 日午後 6 時～8 時, 大阪駅前 阪神百貨店 7 階食堂にて開催 参加者 370 名 (うち同伴夫

人3名)

見学会 (1) 班は 10 日から 11 日にわたり、他の 4 班は 10 日に次の各所を見学した。

(1) 紀州方面 (関西電力多奈川火力発電所, 東亜燃料和歌山工場等) 参加者 約 100 名

(2) 琵琶湖, 京都方面 (松下電子高槻工場, 寿屋山崎工場, 電電公社比叡山中継所等) 参加者約 60 名

(3) 生駒, 奈良方面 (東大阪変電所, NHK 送信所等) 参加者約 60 名

(4) 阪神方面 (電気試験所大阪支所, 川崎重工, 朝日ビール西宮工場等) 参加者約 60 名

(5) 大阪市内 (ダイハツ池田工場, 近畿車輛, 電電公社大阪第 3 市外局等) 参加者約 60 名

講演予稿 特別講演 4 件, 部門講演 2 件は各件毎に作成し無料配布とし, 一般講演とシンポジウムとを合わせた合本 (I~IV) のほか, 一般講演だけの分冊 20 種とシンポジウムの課題別分冊 9 種を発行し実費頒布とした。

G・B・ワーレン氏講演会

4 月 13 日午後 2 時からブリヂストンホールにて本会と日本機械学会, 火力発電技術協会が連合して次の講演会を開催した。参加者 190 名

1. 最近の米国における火力発電用タービンの動向について 米国 G.E. 社 G.B. ワーレン氏

東京支部記事

役員会 4 月 20 日午後 5 時 30 分から電気クラブ会議室にて開催, 次の事項を協議した。

1. 次期役員改選結果報告
2. 昭和 35 年度収支決算報告
3. 通常総会次第
4. 講演会, 講習会, 見学会の予定
5. 次期役員への引継事項

北海道支部記事

役員会 4 月 18 日午後 1 時から北海道電力会社第 1 会議室にて開催, 次の事項を協議した。

1. 総会の運営について
2. その他

中国支部記事

見学会 3 月 4 日午後 1 時から電気通信学会中国支部と連合して, 国鉄中国支社に施設された国鉄マイクログ中継設備を見学した。参加者 40 名

講演会 3 月 14 日午後 3 時から広島市, 中国電力会社本店総会場において, 電気通信学会中国支部と連合して次の講演会を開催した。参加者約 100 名。

1. 宇宙通信によるテレビ国際中継の諸問題について

て NHK 技術研究所 野村 達治君

東海支部記事

通常総会 4 月 3 日午後 1 時 30 分から名古屋商工会議所ホールにおいて開催, 次の事項を付議し承認された。出席者 116 名

1. 昭和 35 年度事務ならびに事業報告
2. 昭和 35 年度支部費決算報告
3. 昭和 36 年度支部役員改選報告
4. その他

特別講演会 4 月 3 日午後 2 時から名古屋商工会議所ホールにおいて下記の講演と映画の会を開催した。参加者 116 名

1. フランス国民性と電力技術
名古屋大学 宮地 巖君
(映画) パリの春秋・アルプスの山と湖

茨城支所記事

講演と映画の会 3 月 9 日午後 3 時から日立製作所多賀工場要害クラブにおいて, 次の講演と映画の会を開催した。参加者 90 名

- 講演 電子計算機について
日立製作所 高田 昇平君
映画 ルポルタージュ 炎 (東京電力会社提供)

見学会 3 月 26 日午前 9 時から次の各工場を見学した。参加者 40 名

- (1) 高萩パルプ会社高萩工場
- (2) 日立電線会社日高工場

事業維持員(4月)

○入会 八幡化学工業(株) 戸畑製造所 2 口

正・准員(4月入会)

正 員 (33名) 阿部 登, 安藤武徳, 新井康彦, 井上清和, 伊藤光造, 伊藤 浩, 石川嘉孝, 稲村雅利, 漆畑松次郎, 大竹 実, 岡田勝男, 金古喜代治, 河田昭夫, 峰 永信, 小山正和, 今野 紀, 佐久間一貫, 坂本義行, 清水高義, 鈴木康夫, 竹島 潔, 武田美明, 塚本 隆, 堤 国寿, 芳賀 繁, 畑岡 宏, 朴 元根, 藤井重大, 松尾善男, 松山哲夫, 山本 巖, 米山博昭, 李 光遇

准 員 (34名) 秋野直治, 穴山 汎, 新井 栄, 井野文晴, 伊藤裕基, 池谷正道, 白井正史, 内田靖彦, 大塚馨象, 樫村 晔, 亀岡秋男, 木崎京士郎, 北原桐和, 楠本 馨, 小玉 敬, 小林正靖, 呉 瑛祿, 塩野繁男, 島津 明, 砂田昌次郎, 瀬川 裕, 田中 徹, 成川典徳, 西山 力, 花田悌三, 浜口功三, 福田勝利, 峰村則之, 望月美文, 矢野静雄, 矢野典生, 山本勝亮, 吉見満雄, 渡辺秀也,

調 査 委 員 会 記 事

調 査 研 究 委 員 会

教育および研究技術委員会（2月17日）

議 事

1. 昭和36年版電気工学年報出版に関し、本委員会に割当てられたページ数は10ページであることが報告されたのち、教育・研究・学会・特許の各項目ならびにその細目各項に割当てべきページ数(枚数)、およびその執筆依頼者について決定した。

2. 各専門委員会報告

(イ) 内外研究所調査委員会

目下 内外国に対してアンケートを求め、現在とりまとめ中の由である。

(ロ) 工業教育調査委員会

岡村委員長より1月16日に開催された内容につき報告があった。

電気測定技術委員会（2月3日）

議 事

1. 本委員会主催で電力需給計器に関する技術的諸問題の技術討議会を開き、需給用計器の問題点を討論したが、この資料・議事録を配布する予定。特別精密算電力計・30分時限の需用計・分離形計器につき討論・紹介があった。以上、問題点の指摘とその取り上げ方を討論し、新しい規格委員会を作りその規格化が進みつつある。

2. 技術総説のテーマ“電力需給計器の試験方法について”を推せんした。

3. 搬送周波標準測定専門委は終会とし、委員長から運営委に報告し結束をつけることにした。

4. プロセス制御装置防爆基準委員会設置につき、黒川氏よりその設置の必要性について経過報告とともに説明があった後、その扱い方を検討した結果、測定技術委員会で一応の案を作るとすれば関係者に参集してもらい、内容を充分吟味してもらうことにした。

5. 36年版電気工学年報の電気測定部門の執筆者・割当ページ数につき幹事案が承認された。

電力技術委員会（3月22日）

議 事

1. 火力発電座談会の件

3月23日開催の同座談会について電力技術委員会からも極力出席するよう申し合せた。

2. 75周年記念出版編集委員推せん

個人よりも団体を推せんすることが望ましいので、この点幹事が素案作成することとなった。

3. 朝日奨励金は学会事務局から、趣旨・内容について各委員宛送付し、それにもとづいて考えることとした。

電力応用技術委員会（3月24日）

議 事

1. 電気機器防食（調査）専門委員会設置の件

(イ) 上記の件に関し、3月23日の運営委員会に趣意書を提出し、つぎの条件の下にその承認がえられたむね、三山委員長から報告があった。

○電気機械のほか計器、配線（ケーブルを含む）の防食をも含めるようにしてほしい。

○これらを含めるために名称を電気設備防食専門委員会と改めてほしい。

○配線を含めて取り扱うためケーブルメーカ5社（古河・住友・日立・藤倉・昭和の各社）からの委員を含めてほしい。

(ロ) 3月28日の理事会において上記専門委員会設置の承認をえた上で、学会事務局から上記ケーブルメーカ各社の技術部長あてに委員の推せんを依頼することにし幹事・幹事補佐の依頼先を決めた。

2. 電気工学年報の件

(イ) 杉原委員から年報の「電気溶接」の項は電気化学・電熱部門にはいっているが、電気溶接技術の現状では電熱に分類するよりも電気応用に分類する方が適切であると考えられ、また年報の読者にとっても電気応用の部門にはいっている方が探しやすいと思うとの発言があり、討議の結果、このことを電気化学・電熱技術委員会に書面で申し入れることにした。同委員会の承諾がえられれば電気溶接の項を今回（36年度版）から電気応用部門に移すことにした。

(ロ) 年報執筆者が毎年同じであると良い面もあるが、内容・形式も固定しがちになる欠点があるので、来年度は執筆者をできる限りにおいて大幅に変更することにした。

3. 委員交代の件

前同懸案事項となっていた本技術員会委員長の後任は井上清二委員（日立）に依頼することに決定し、同委員の内諾をえた。幹事の後任は同委員に一任した。

また、現委員長の後任として山村昌氏（東大）に委員として参加してもらうことにした。

4. 学会誌技術総説題目提案の件

需用端 AVR の技術報告がまとまったのち、蓮見氏（電機大）に需用端 AVR の技術総説を執筆していただくことになっていたの、そのむねを上杉氏「学会」から編集委員会に連絡してもらうことにした。

5. 学会75周年記念出版の件

三山委員長および上杉氏（学会）から、上記の件に関する原案についておおよその説明があった。

6. 武委員から、製鉄工業専門委員会の活動状況について報告があった。

オートメーション技術委員会（3月3日）

議 事

1. 電子式プロセス制御装置の防爆について、電気測定（技）および電子装置（技）にそれぞれあたってみた結果、測定（技）で取り上げてもらうことになった。

2. 専門委員会報告

○計算機活用（委）は報告（電々2件、国鉄2件、東電1件または2件）をまとめており、5月頃までに脱稿の了解散する。

○電子式プロセス制御装置（委）は報告を早ければ7月頃までにまとめる。

3. 本委員会委員長交替の件

和田委員長より計算機活用および電子式プロセス両専門委が調査終了したときに辞任したい意向がのべられた。本委員会ははじめ事務のオートメーションを主体としてきたが、今後は生産のオートメーションを目的として行なう。

4. 昭和36年度電気工学年報について本部門の各項目に対するページ数の割振りを行なった。

電波分光専門委員会（3月14日）

○長竹委員、佐分利義和氏（電波研）より、試作したアンモニア3-2線メザ形原子時計について報告があった。

○楠内委員、阿部英太郎氏（東大物性研）より、物性研究所における電波分光の研究現況が紹介された。

○委員会終了後、物性研究所の電波分光関係部門の見学を行なった。

電子管専門委員会（3月23日）

○桑田委員長より、年報執筆者中放電管の項目を担当する予定であった福川氏（富士通）を都合により渡辺氏（神戸工業）に変更し、また電子線管の項目は山田氏（NHK）に決定、細目を一任したむね報告があらわれた。

○シンポジウム「最近の電子線管の進歩について」
二階堂靖矩氏（通研）

講演にひきつづき質疑応答ならびに討論を行なった。

トランジスタ専門委員会（3月20日）

○前回議事録確認。

○IEC 客申用高周波トランジスタ等価回路審議。

○表面溶融形トランジスタTX117の高周波特性について説明、報告。

同期機専門委員会（4月19日）

○CIGRE 17 委の質問事項に対する検討

かねて質問を受けていた発電機への移行サージ・火力発電所の補機・新鋭火力発電機の特性に関する回答をまとめた。

○JEC-114 改訂の件

界磁電流算定法・温度上昇試験法その他に対する新しい提案がありこれを討議した。

○年報原稿の件

今年度の年報に記載する製作同期機の範囲および文献などに關し資料を持ち寄り討議した。

誘導機専門委員会（3月22日）

○電気工学年報の件

各委員より同年報「誘導機」の資料が提出され、それぞれ説明があった。なお、委員会社以外から広く資料を集めるように松谷委員（電機工業会）の協力を依頼した。

○誘導機漂遊負荷損の件

石崎委員より二重かご形誘導機の漂遊負荷損測定結果の発表があった。

○技術綜説の件

技術綜説の資料が一部委員より、それぞれ執筆委員に提供された。なお、特殊誘導機として振動モータ、極数変換形ウィンチモータも追加する方が良からうということになった。

変圧器専門委員会（3月17日）

○故小沢委員長の後任は、静止誘導機器標準特別委員会と連絡の上早急に候補者を推せんすることにした。

○電気工学年報原稿は次回までに提出願うことにした。

○標準出力、標準定格電圧およびタップ電圧、三巻線変圧器の容量比などについて各電力会社からの回答をまとめた資料が提出され審議された。

しゃ断器専門委員会（2月16日）

○昭和36年度版電気工学年報執筆の件

執筆は 小林哲郎君（日立）にお願いした。

各社資料を 3月15日までに 日立 小林君宛に送付することとした。

○委員会常置化の件

本委員会は さきに等価試験に関する報告を作成し休会の状態にあったが、今後これを常置化し、活発な活動を始めることとした。

○今後の方針について

まず規格調査を始め、これに付随する問題について論議する。また、随時 CIGRE, IEC など外国の委員会などの 国内の 窓口となり 問題を 処理することにした。

避雷器専門委員会（4月10日）

○昭和36年度年報の執筆について打合せた。メーカ関係事項は4月20日までに取りまとめることとした。

○雷サージにより4台の避雷器が同時に動作し、機器を有効に保護した実例およびこれを交流計算盤で検討した結果が紹介された。なお、放電電流値についても解析されることを依頼した。

○線路充電電流しゃ断時、線路の残留電圧が避雷器の放電開始電圧におよぼす影響を確かめるための基礎

実験結果が紹介された。一応有意な関連がありそうなので、なお実験を進めることになった。

○開閉サージに関する AIEE の文献を検討した。

耐熱区分専門委員会（3月24日）

「各種積層品および成型品の耐熱性試験」技術報告最終案の審議、前半を終了した。

高安定発振器専門委員会（3月7日）

○新委員9名を選出し、紹介した。

○今後の議題予定として、発振回路、水晶振動子、周波数恒温そう およびそれらの測定法を調査した後、発振器設計上の問題点を討議することとした。

○11 文献の内容を紹介した（川林幹事）。

○NHK での周波数安定化の実状を説明し、研究室の施設を見学した。

高電圧試験専門委員会絶縁協調打合せ会

（3月33日）

○絶-22~40 までの資料が提出された。

○山本氏（東芝）が1月末アメリカの AIEE Winter Meeting に出席し、その後ヨーロッパの高電圧設備などを調査し、3月中旬帰国したので、その帰朝報告があった。

○提出資料につき担当者が説明し、これについて検討を行なった。

○この打合せ会の今後の方針をきめた。

パラメトリック増幅器専門委員会（2月28日）

○パラメトリック増幅器の定義、その他関連用語の討議が行なわれた。

○報告

「電子ビーム形パラメトリック増幅器について」

斎藤成文（東大生研）

サーボモータ専門委員会（4月10日）

サーボモータの用語・試験法について、小委員会を設けて5月中に原案を作成し、次回委員会で討議することにした。

「小委員会メンバ」委員長、大木、萩木

斎藤各委員、伊藤幹事

誘電加熱専門委員会（3月29日）

○第35回議事録承認の件

○国際電熱工学会議に提出されたフランスの論文「加圧硫化過程におけるゴム混合物の誘電性質の研究」について討議した。

○岡沢委員よりベークライト成型粉末の高周波予熱における二三の問題について説明があり、種々討議しな結果、つぎの調査測定を行なうこととなった。

（1）加熱過程中的の内部蒸気圧を測定する。

（2）加熱過程中的の温度を細いアルコール温度計で測定する。

○有馬委員からゴムに関する問題を出してもらったことになった。

電力用通信電源専門委員会

昭和36年5月（J.I.E.E.J.）

（3月7日）

EMG 方式交流無停電電源装置仕様基準（案）の討議を完了、次回に成案として承認の予定である。次回以後は MMG 方式交流無停電電源装置仕様基準について審議の予定である。

（4月4日）

○EMG 方式交流無停電電源装置仕様基準（案）を幹事ならびに電源メーカー4社で再審議を行ない、最終版を作成した。主な審議事項はつぎのとおりである。

負荷力率を 85%→90%

蓄電池の浮動充電電圧および均等充電電圧値

総合効率など

○次回審議予定の MMG 方式交流無停電電源装置仕様基準の幹事案を検討し、次回までに各委員に送付、検討を依頼することになった。

核融合専門委員会（3月22日）

○核融合実験装置としてシラー形装置を取り上げ、同装置について実験を行なっている電気試験所の研究の概要の報告を受けた。内容はつぎのとおりである。

（i）電気試験所のシラー形装置の概要

（ii）プラズマ電流の測定

（iii）高速流しカメラによるプラズマ運動の観察

（iv）プラズマとマイクロ波に関連する研究

（v）シラー形装置のプラズマの解析

（vi）電気試験所のシラー形装置の見学

原子力発電所制御専門委員会（4月12日）

技術資料「沸騰水形原子力発電所の動特性と制御」の第2章第3節、4節に関する検討および編集を行なった。葉山氏（東大）提出の「水力学的不安定性の一考察」について検討を行なった。

今後の本委員会の方針について論議が行なわれ、ほぼ従来のメンバーで電気学会に適する主題をとりあげ徐々に焦点をしぼっていくことに一応成案をえた。

電気規格調査会

規格役員会（3月15日）

1. 前回議事録を承認した。

なお、IEC General Meeting 出席者中、未定の分が報告された。

2. 常置委員会の分担変更について

本会内における IEC の審議体制確立にともない、従来の常置委員会の分担を下記のように改めた。

「電圧標準特別委員会および同配電電圧小委員会を電気一般常置委より送配電常置委に移管する」

なお、上に関連して、IEC の審議体制を各委員会に周知徹底させるとともに、審議手続きの要領を作成する。

3. IEC 主席代表について

1961 年度主席代表として山下会長を推すことにし、経費は日本規格協会に働きかけることとした。

4. IEC 回答案について

下記提出の回答案が、一部字句修正の上承認された。

33 (Secretariat) 34

用語標準特別委員会 (3月23日)

○有機材料湿度特性専門(委)宮部 宏委員長より、

「湿気に関する用語」第二次案が提出され審議された。

○各関係方面に配布する「電気学会用語集選定方針」の原案が幹事より提出され審議された。

○IECより回付の電気測定に関する用語案の取り扱い方法を審議した。

最大需用電力計標準特別委員会 (4月12日)

○規格第四次案について、各委員および関係者から書面で求めた意見を参照しながら審議を行なった。審議は文章の修正程度にとどまり、内容には大きな変更はなかったので、審議は今回で打切ることとし、第四次案を修正して最終案とし、常置委員会に提出することになった。

計器用変成器標準特別委員会 (3月16日)

○各資料について説明があり、とくに特別精密積算電力計と組合せるCT、PTのJIS解説(案)について討論があった。主な討論はつぎのとおりである。

0.3S級は許容差が厳しいから0.3M級でもよい。0.3M級でも設計の余裕を考えると0.3S級位になる。現在の0.5M級でも0.3S級を満足するものが多いから、0.5M級として合成誤差で決め、階級は決めなくてもよい。数が多ければ階級が必要である。0.5M級で0.3S級にはいっているのは設計上余裕をとっているからで、一般性がない。計器、CT、PTを別個に決め、組合は一つの範囲にはいるというように規格化するとよい。二次巻線の影響の限度を決めるとの意見もあるが運用で行ない、導線の長いときは交換などの手段をとるとよい。

以上の討論の結果、特別精密積算電力計と組合せるCT、PTのJIS解説(案)を原案通り決定した。

ついで柿沼氏(電試)より「敗州におけるCT、PTの現状」について講演があった。

水車標準特別委員会 (3月23日)

○前回に引き続き水車の効率試験方法案の審議を行なった。

前回の討議結果によって区分し直した試験条件と運転状態とは、一括して試験条件とすることとし、内容の一部を訂正した。しかし、測定終了の条件となる効率のばらつきの規定をどのように決めるかで、慎重に討議されたが結論をえられないので、さらに次回までに幹事が案を作り直すこととした。また、カプラン水車の試験はカプラン水車としての特性をとるのか、または固定羽根プロペラ水車の特性の包絡線としてカプラン水車の特性を求めるかについて討議され、包絡線を画くこととなった。

静止誘導機器標準特別委員会 (3月17日)

○小沢幹事逝去に伴い、明電舎 高橋氏が委員として就任されることになった。

○負荷時タップ切換装置に関するIEC規格の幹事原案について審議した。各電力会社および電機工業会にも検討を依頼し、次回これに対するわが国の回答を作成することとした。

○電力用変圧器の標準出力・標準タップ電圧などに関し、さきに各電力会社に質問状を出してあったが、その回答がほぼまとまったので、それを基にして幹事案を作成してみることにした。

氣中しゃ断器小委員会 (3月22日)

第一読会 4章 定格について審議した。

(1) 定格しゃ断電流に関連、交流回路の X/R 値について審議し、また投入電流に対する倍率について検討した。

(2) フレーム大きさ・定格電流・しゃ断容量の標準値について、いまだ各委員から提出されている意見、および各社の製品を整理し、だいたいの枠を決めた。次回さらに審議の予定。なお、その際定格電流はJEC-145にならい収納される箱から取り出した形で決めることにした。

避雷器標準特別委員会 (4月10日)

○本年6月のIEC避雷器部会で討議される議題が紹介される。これらに対する本委員会の意見は幹事会を開いて取りまとめ出席者に渡すこととした。

○標準規格第四読会案を審議した。問題点として残されていた汚損試験、特別動作責務試験、100kA放電耐量試験についても一応の結論がえられたので、近く第四読会案の審議を終了する予定である。

第四読会案に対する各委員とくに使用者の意見を再度うかがうこととした。

半導体整流器標準特別委員会 (3月27日)

○半導体整流装置 その1(セレンおよび酸化銅整流装置)[第二読会案]を前回に引き続き審議した。審議箇所はつぎのとおりである。

3.2 半導体整流素子の特性、3.3 半導体整流スタックの過負荷特性、3.4 電圧および周波数の変化、3.5 効率および損失、3.6 力率、電圧変動率および脈動率

保護継電器標準特別委員会 (3月29日)

IEC保護継電器委員会に対する日本の態度を決定するため協議した。

試験電圧標準特別委員会絶縁試験法小委員会 (B)
(3月23日)

○IEC-Draft-Recommendation for high-voltage testing techniques (1960)に対するわが国の意見を集約した回答書を作成審議した。

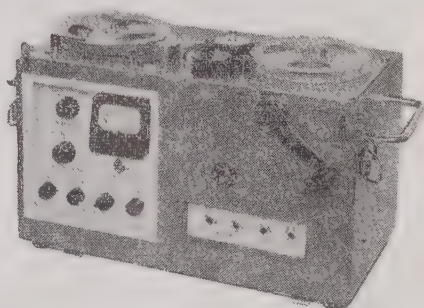
○JEC-107の改正案を審議した。

DATA RECORDER

Model PPW-22 (携帯型計測用磁気記録再生機)

ゼンマイ駆動の機構部とトランジスタ式の変復調部で構成されているので、車上・機上などのせまい場所、電源のない所での御使用に最適です。電池箱は別に付属しています。

テープ	6ミリ幅5号リール
テープ速度	19 cm/s
変復調部	2チャンネル、パルス幅変復調方式
入力	±1V (ピーク値) インピーダンス約 5k Ω 不平衡
出力	±1V (ピーク値) 600 Ω 負荷時
周波数特性	0~100 c/s \pm 1dB
歪み率	3% 以下
S/N比	1チャンネル当り約 40dB
電源	D.C. 24V 乾電池 (平角3号)



ソニー株式会社

東京都品川区北品川6-351 Tel(442)5111

SONY

交流無停電電源装置

出力 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100kVA 各種



昭和電工殿納入

FES式無停電電源装置

出力 100kVA



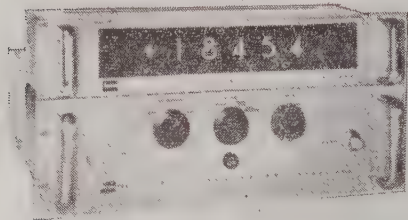
山洋電気株式会社

東京都豊島区東鴨6-1349

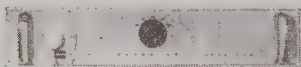
電話 東京982局 5151~9

工場・東京・上田

ACCURACY
AC V: 0.1% ± 3 DIGITS
30 cps \sim 10kc
DC V: 0.01% ± 1 DIGIT



MODEL 501B DC ONLY



MODEL 452B AC CONVERTER

Added to the basic 501B DC digital voltmeter (These two units plus a Model 452B AC Converter form a Model 502B AC/DC Digital Voltmeter), the 452B permits 5-digit measurements of 0.000 to 1000.0 RMS volts AC. Ranging is Manual, Remote and Automatic from 30 to 10,000 cps. Accuracy is 0.1% of full scale.

AC/DC DIGITAL VOLTMETER

KINTEL
A DIVISION OF
COHU
ELECTRONICS INC.

Important Specification

Display: Six window, 5 digits plus polarity, projection system single plane wide angle readout.

Automatic DC Range: 0.0001 to 1.9999; 02.000 to 19.999; 020.00 to 199.99; 0200.0 to 1000.0 negative or positive volts DC

Automatic AC Range: 0.001 to 9.999; 10.00 to 99.99; 100.0 to 999.9 volts AC, RMS, 30 to 10,000 cps

(Manual, Remote AC Range: 00.000 to 1000.0 volts 3 range.)

Accuracy: 0.01% ± 1 digit for DC; 0.1% ± 3 digits for AC.

Input Impedance: 10 megohms for DC; 1 megohm and 200 pF for AC

Reference Voltage: Chopper stabilized, referenced to an internal Cadmium standard cell

Floating Input Operation: With input ungrounded, all specification apply with voltmeter input floated up to ± 300 volts DC with respect to chassis; floated up to ± 500 volts DC with loss of accuracy not exceeding 1 digit

Printer Drive: Built-in for parallel input printers. Automatic or Remote

Power Requirements: 100 VA (approx) from 115V 60cps, single-phase line

Dimension & Net Weights: Control Unit: 5 3/4" H 19" W 18" D, 46 lbs.

Readout unit, 3 1/2" H 19" W 9" D, 10 lbs

AC Converter; 3 1/2" H 19" W 9" D, 15 lbs.

日本総代理店
兼松株式会社

東京支社 電子部

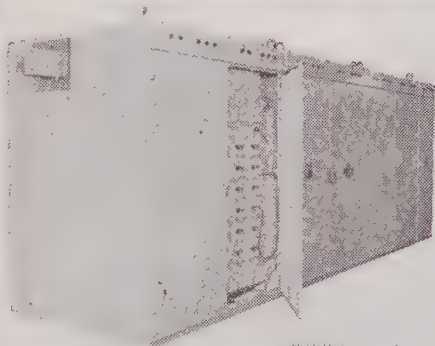
東京都千代田区丸の内一丁目 東京海上ビル新館 電話 281) 6811 (大代表)

御用金せは 総経理 栗元

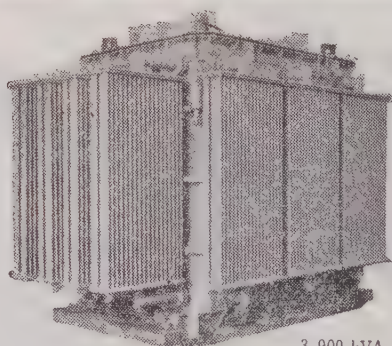
株式会社 菊水電波

東京都大田区馬込町四丁目 67 電話 (271) 9191 (代表)

KYOSAN 電解用シリコン整流装置



整流体キュービクル



3,900 kVA 3φ

6C形主飽和リアクトル

日本曹達株式会社会津工場敷納入 3,375 kW 225 V 15 kA

電解用自動定電流シリコン整流装置

本整流装置は世界最大の超大容量飽和リアクトルを具備した全磁気増巾式電解用定電流シリコン整流装置で、応答速度はやく、遠隔監視制御により無人運転方式を採用し、整流体キュービクルはトレー方式を採用しているため、万一ヒューズ熔断または整流体に部分的故障が発生しても全負荷運転中にそのまま予備品の交換が可能になっております。



株式会社 **京三製作所**

営業部 東京都中央区銀座西1の1 T・1 (341) 8361 (代)
本社及工場 横浜市中区見沼区平町2の131 T・1 (51) 6591 (代)
本社及出張所 大阪 名古屋 広島 福岡

ハイカーコルク



変圧器及

油入遮断器用

パッキング

(型録贈呈)

創業明治 29 年

JIS 表示工場

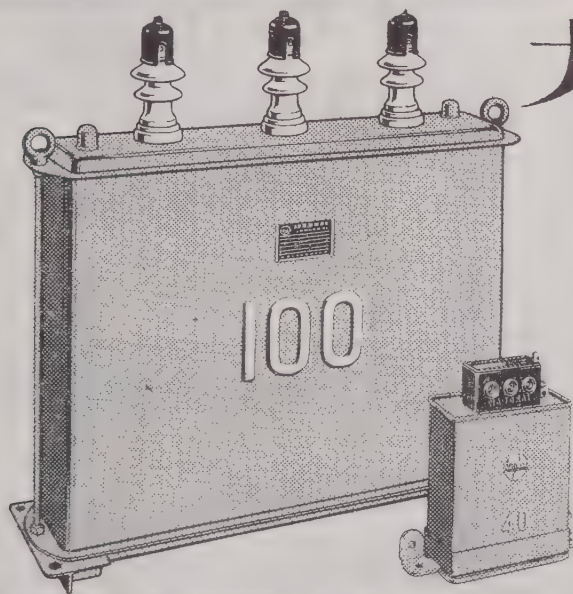
No. 2948



永柳コルク工業株式会社

本 社 東京都墨田区寺島町 4 丁目 25 番地 (東武線 曳船駅前)

電話 東京 (611) 代表 5111・5110—9



力 率を高めて 機器に余裕を

日本で初めて3塩化ジフェニルを含浸剤に採用ノ耐電圧・コロナ電圧がグンと高まり、不燃性・低温特性はいちばんノかずかずのすぐれた特性がいっぱいです。しかも、小型で軽く、取り付けが簡単です。

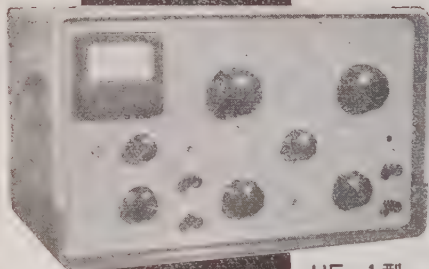


**AF式 進相用
コンデンサ**

松下電器産業株式会社

高圧用 100KVA 単器型
8相AC 3300V・6600V
3300V/6600V共用
10~800KVAの各種。

低圧用 40μF
3相AC 200/220V
50/60~
15~300μFの各種。



UF-1 型

特徴・性能

- カットオフ周波数は $\frac{1}{2}$ オクターブ毎に HP 36 点、LP 36 点が独立して切換えられる。
- 入力インピーダンスが高く整合を要しない。2 M Ω 不平衡。
- C R 方式のため周波数範囲が広くカットオフ周波数を切換えても特性が変化しない。15 ~ 10,000 %s
- 遮断特性と S N 比がよい。40d B/oct, 80dB
- HP, LP を分離して歪率を測定できる。
- 小型、軽量。410×250×250 mm 13 kg

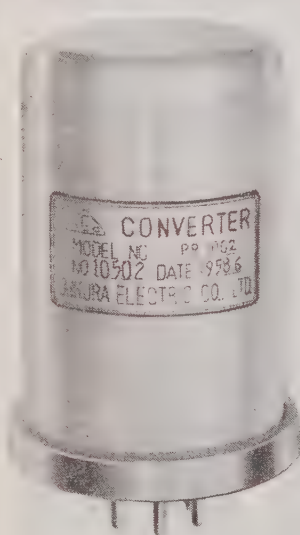


ハイパス、ローパス、バンドパスで使える

JEIC 万能フィルター

日本電子測器株式会社

東京都中央区月島西仲通 10ノ7 電話東京 (531)0101(代)



用 電子管記録計
途 直流増幅器等

二十年の聖験

大倉の

チヨッパー

寿	命	20,000 時間以上
雑	音	1/V 6k Ω
励磁コイル	50 c/s	6.3V 85 Ω
種	60 c/s	一般用・低入力用

米国 Swartwout 社と提携



大倉電気株式会社

本 社 東京都杉並区西田町 2 丁目 407 番地 電話 (398) 5111 (代表)

大阪出張所 大阪市北区芝田町 112 井上ビル 24 号室 電話 (36) 5791-5 5891-5 (交換)

小倉出張所 小倉市博労町 63 富士ビル 44 号室 電話小倉 (5) 8621

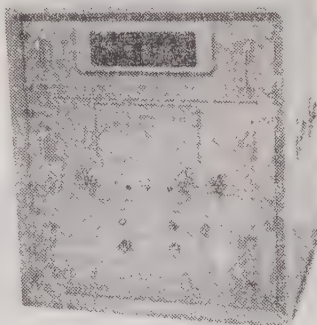
真空管式 A-D 変換器

特長

本装置に入力切換器（10チャンネル 10m sec切換）プリンターを併用する事に依りあらゆるアナログ量をデジタル量として測定記録することが出来ます。又本装置はそのまゝでデジタル電圧計として使用出来ます。

仕様

- | | |
|-------------|---------------------|
| 1) 入力電圧 | 3) 精度 |
| 0 ~ 0.199 V | ± 0.1% |
| 0 ~ 1.999 V | 4) 出力表示 |
| 0 ~ 19.99 V | 符号 ± |
| 0.199.9 V | 数値 10進数 4桁 |
| 4段手動切換 | 小数点 4桁移動 |
| 2) 変換速度 | 5) 電源 |
| 1/100 sec | Ac 50 ~ 60c/s 100 V |



東京国際見本市（4/17~5/7, 10号館-132, 133号）に出品しております



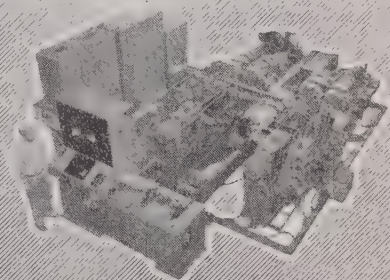
島田理化学工業株式会社

本社・本工場 東京都調布市柴崎町415番地 電話調布(0229)4101-9
大阪営業所 大阪府北区伊勢町1番地 電話大阪(36)6807

Nagahama

用の標準型は勿論、あらゆる回転体の適当なバランス修正をなし得る様に極めて軽量なるローター専用のマイクロ balanser から大容量の大型 balanser に至るまで、自動修正装置付専用機、高速型、特型、堅型等各種製作しております。

（カタログ送呈）



ND-50ECD型

ランチャフト専用全自動付合試験機

ダイナミック バランシングマシン

発売元 三菱商事株式会社

機械第二部工作機械一、二課 電話 東京(211)0211 大阪支社機械部工作機械課 電話(27229)
若古屋支店一般機械課 電話名古屋(201451) 神戸・広島・八幡・福岡・長崎・札幌・長野・広島
岡山・奥・徳山・宇都・高松・四日市・富山・静岡・新潟・仙台・室蘭・その他

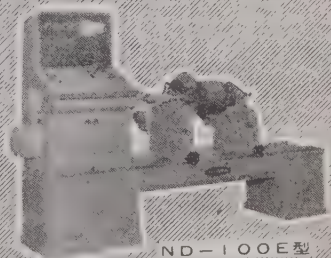
1961年東京見本市出品小間番号 5号館247・248小間 Tel 東京(641)2370

株式会社 長濱製作所

大阪府豊中市浜323 ~ 2 (阪急宝塚線服部駅東500米)

電話 大阪(39)5561(代)・1132

東京事務所 東京都港区芝南佐久間町2の7 電話 東京(591)5874・4488



ND-100E型

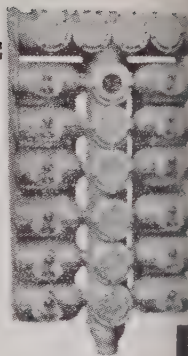
日本で初めての



耐圧防爆形200W直付灯

爆発強度試験と爆発引火
試験で保証する

耐圧防爆形



耐圧防爆形12回路電灯分電盤

白金式

耐圧防爆形照明

白金式防爆形主要製品

照明器具（パイプ吊、ブラケット、直灯）
ハンドランプ、投光器、探見灯、コンセン
並に 点滅器、電灯分電盤（2～20回路）
刃型開閉器（30, 60, 150, 200, 300A）
ジャンクションボックス、ジョイントボッ
クス、プルボックス、シーリングフィッ
ティング、ユニオンエルボー、コムパウンド

並に

防爆形配線装置



白金式 伊東電機株式会社

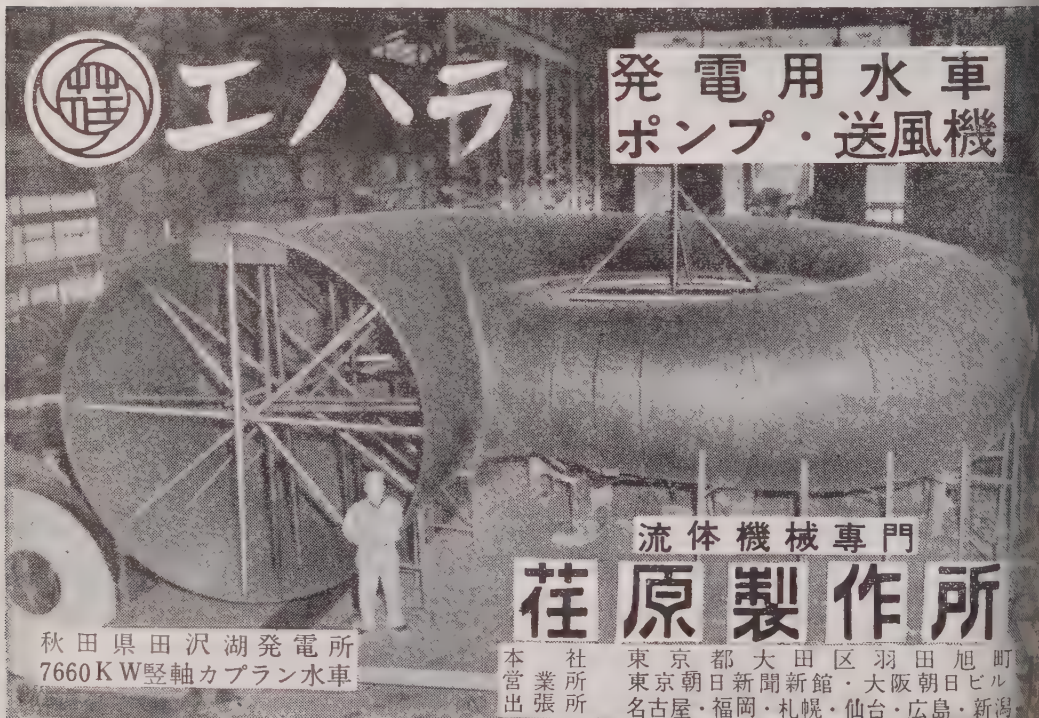
本社並に
防爆研究所
工場

東京都港区芝三田四国町16
電話（451）代 4191～4番
東京都港区芝三田四国町2の4



エバラ

発電用水車 ポンプ・送風機



流体機械専門

荏原製作所

秋田県田沢湖発電所
7660KW 縦軸カプラン水車

本
社
業
所
出
張
所

東京都大田区羽田旭町
東京朝日新聞新館・大阪朝日ビル
名古屋・福岡・札幌・仙台・広島・新潟

千野の温度制御装置

発振式
自動調節温度計



- 二位置式調節計
E 600 (熱電式)
E 601 (抵抗式)
- 三位置式調節計
(上・下限設定指標)
E 630 (熱電式)
E 631 (抵抗式)
- 比例位置式調節計
E 660 (熱電式)
E 661 (抵抗式)



株式会社
千野製作所

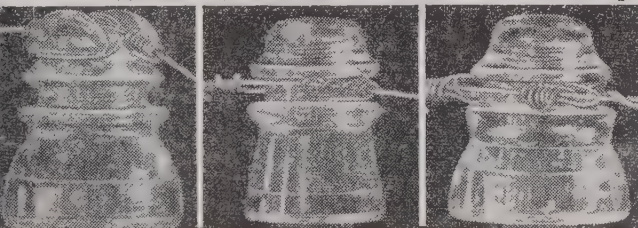
本社・工場 東京都板橋区熊野町32 電話 5285 (代) 5280
小倉出張所 小倉市大坂町111 電話 5-4250・2658
名古屋出張所 名古屋市中村区笠島町1221 2層田ビル 電話 55-8451 (直) 56-2121 (代)



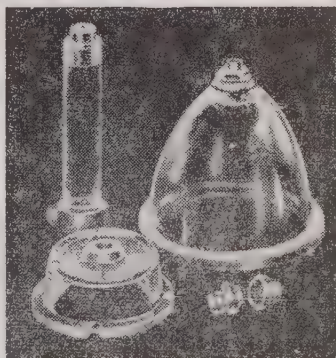
高周波絶縁碍子

ボンレックス

アメリカ無線界ではパイレックスを
日本ではボンレックスの御使用を
レックスの用途 無線 有線電気通信機器用 ◎ 原子力平和利用・各機器碍子



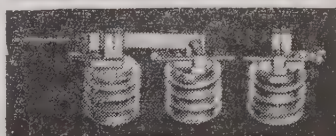
最近欧米各国で電話通信線用に使用されている高周波絶縁碍子



株式会社 ボン碍子製作所

カタログ
定価表呈

京都千代田区神田松永町19番地松永ビル TEL (251) 8894 番



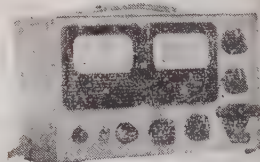
オールトランジスタ安定化低圧直流電源



TP025-5型



TP030-10型



TPM025-03型

型 名	出力電圧	出力電流
TPM 025-03	0~25VDC	0~300mA
TP 025-5	0~25VDC	0~5A
TP 030-10	0~30VDC	0~10A

入力電圧 AC 50~60~ 90~105V
 電圧変動 電源および全負荷変動に対し
 100mV以下
 リップル 5mV以下
 スイッチインと同時に始動
 過電流安全装置内蔵



株式会社 高砂製作所

営業部 川崎市二子662 TEL 701 4391
 048 3880
 048 4111

新型パネル用計器



新発売！

WMR-65N (可動コイル型)
 WCR-65N (整流器型)
 WSR-65N (可動鉄片型)
 外型 81×79mm 胴径 65φ



指示電気計器
 工場

渡辺電機工業株式会社



東京都渋谷区神宮通二ノ三六番地

特 長

1. 65型計器と取付寸法が全く同じですからそのまゝ取付ができます。
2. 外観は新しいデザインで美しい着色がしてあり機器に取付けた場合製品が一層引立ちます。
3. 目盛窓が一段と広くなっておりますので指示が読取り易くなっております。
4. 電気的特性は高度な品質管理により一段と向上しております。
5. 量産態勢により納期迅速いつでも御要望に応じられます。

電話 青山
 (401)

2 2 8 1
 6 1 4 1
 6 1 4 2
 6 1 4 3
 6 1 4 4

**Denai の
主要製品**

交流・直流発電機・電動機
予備電源装置
無停電電源装置
定周波定電圧装置
各種通信用電源装置
自動電圧調整器
受配電盤・整流器
送風機・水中ポンプ・クリーナー
シンクロ電機・制御機器
電装品・家庭電器

電子計算機の電源として最も多く使われているクレーマ制御定周波装置



日本電氣精器株式会社

本社及向島事業所 東京都墨田区寺島町3-39 TEL. (611) 4111~9 / 大阪営業所 大阪市北区伊勢町34 (日清ビル)
名古屋営業所 名古屋市中区久屋町5-9 (住友商事ビル) / 札幌営業所 札幌市北八条西1-1 / 福岡営業所 福岡市天神町58 (天神ビル)

斯界に誇る完璧な総合技術が生んだ……

OS ELECTRONIC COMPONENTS

はあらゆる電子機器の高性能高信頼化を推進する新しき働き手です

OSサーミスタ

OSバリスタ

OS電気接点

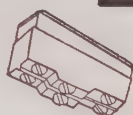
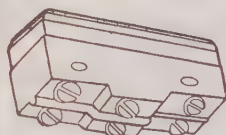
株式
会社

大泉製作所

本社 東京都練馬区貫井町410 電話 (991) 1101 代
銀座営業所 東京都中央区銀座西7~6 福岡ビル
電話 (571) 8500-1

世界に燦然たり……

1960年

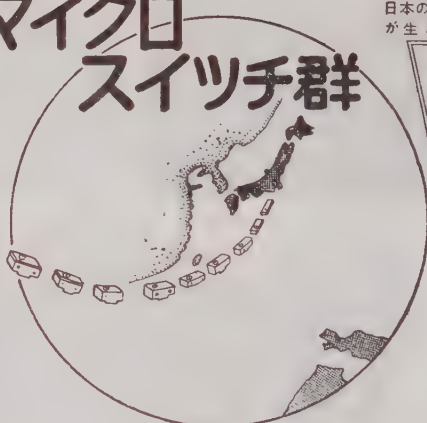


2極マイクロスイッチ群

日本の技術
が生んだ

革新

技術
世界で
初めて
にして



日本開閉器工業株式会社

東京都大田区馬込東・3-644

TEL 東京 (772) 代表3181-5

特徴と性能

この二極マイクロスイッチは本邦に於いては勿論、又その品類に於いては従来の単極の基本型と同一に絶ゆる品類が完成致しましたことは世界でも最初の画期的なものです。この成功の理由は本器が応差の動き(M.D.)に於いて外国品の欠陥(応差の動きが大きいこと、これは二極マイクロスイッチが海外に於いても、国内に於いても普及されない理由の一つと考えられます)を完全に除去したことです。これは正しくマイクロスイッチの革命、新分野への黎明とまで云われる理由です。そして更に特徴は次の如く追加されるのです。

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| (1) 外寸、取付位置は単極基本型と同一 | 耐圧 1000 V. A. C. 一分間 |
| (2) 機械的寿命は50万回以上、接点開閉は従来の単極品より広い。 | 絶縁抵抗 500 V 1000 MΩ 以上 |
| (3) 動作力、応差の動きも単極型と同一 | 動作に必要な力 (O. F.) 300~450 g |
| (4) 単極品を2ヶ並べて使用すると同じスイッチの投入、切断は2回路同時 | 動作迄の動き (P. T.) 0.5 MAX |
| (5) 規格 | 動作後の動き (O. T.) 0.13 MIN. |
| | 戻りの力 (R. F.) 114 g MIN. |
| | 応差の動き (M. D.) 0.01~0.15 |

電流量 125・250 V. 10 A. A. C



高圧進相用単器型100KV A



指月
コンデンサ

品質の奉仕
価格の奉仕

この二つを合言葉とした指月は、トップレベルをゆく高度な技術、徹底した品質管理、新装なった最新の設備から高性能コンデンサを産み世界のどんな処へでも誠意と自信をもってお届けしております。

- 高圧進相用コンデンサ
単器型 100~1000KV A
集合型 100~500KV A
- 低圧進相用コンデンサ
- 高周波電気炉用コンデンサ
- テレビラジオ通信機用コンデンサ
- 電子機器用コンデンサ

ベーパーオイル・MP・ポリエチレン
マイラー各コンデンサ
(カタログ呈上)

株式会社指月電機製作所

本社・工場 西宮市大社町
東京製作所 西宮市大社町
名古屋出張所 西宮市大社町
名古屋 西宮市大社町
電話 066 577 012
電名 名古屋 04 764 5

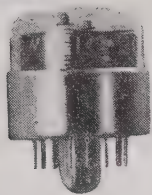


INDICATOR TUBE —Long Life—

表示管 (長寿命用)

営業品目

計数放電管
表示管
リレー放電管
パイロットネオン管
カウンティングユニット
電子管式計数器
自動計数制御器
微小時間測定器
光電ピックアップ



GR-201

各種記号表示装置に！

長寿命用表示管は、特に放電による陰極スパッタ現象をいちぢるしく抑える事に成功したもので、連続一陰極表示及び短時間切換表示共に従来の相当品の数倍以上の寿命が得られる様になり、特殊使用又は相当長寿命を要求する表示装置に使用して充分御満足頂けるものと思います。

定 格

品 種 (相当品)	表 示	陽極供給 直流電圧	平均陽極 電 流	消費電力	全 長	座 高	最大部 直 径
GR-201	0~9	170 VDC 以 上	約 2.0 mA	0.4 W M a x	44.5 mm M a x	29±2 mm	32mm M a x

カタログ進呈

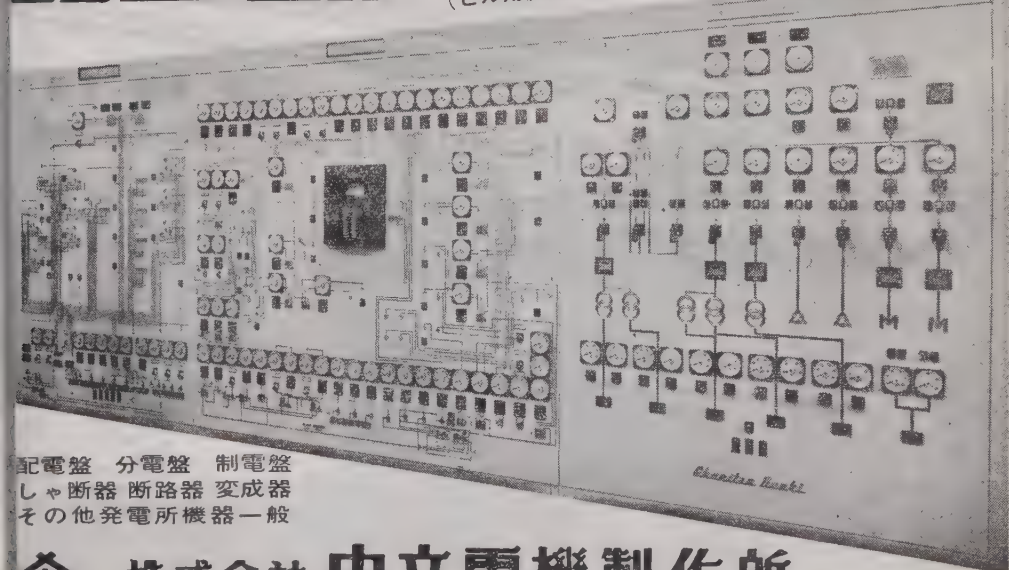
岡谷無線株式会社

東京都世田谷区三軒茶屋町243 電話 (414) 8195

大阪取扱店 BON電気 北区曾根崎上2-7 電話 (34) 3531

Churitsu Denki

(ビル用総合監視及操作室)



配電盤 分電盤 制電盤
しゃ断器 断路器 変成器
その他発電所機器一般

株式会社 中立電機製作所

名古屋市昭和区白金町6ノ20 電話(代表)名古屋(88)7161

東京営業所 東京都千代田区神田末広町51(住吉ビル四階) TEL (251)3778

サーミスタ

温度測定、温度制御、トランジスタ
温度補償、超高周波電力測定、発振
器振巾安定、通信回路自動利得調整、
継電器動作遅延、サージ電流抑制用
その他

最も安定度の高い 石塚電子の半導体製品

火花消去に シリスター (SiCバリスター)

(カタログ進呈)

火花消去、サージ電圧抑制、
定電圧用 その他



石塚電子株式会社

東京都江戸川区小倉町2の2916 代表 電話 江戸川(651)1633番



最も合理化された熱処理

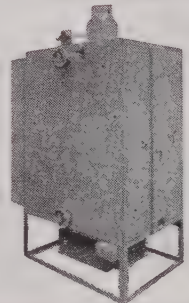


遠赤外線ヒーター

乾燥器・自動制御装置

赤外線・熱風乾燥装置
各種コンベアー・配電盤
各種ヒーター・計器類

印刷・繊維・金属
ゴム・製紙・樹脂工業用



遠赤外線焼付炉

永進電気株式会社

代理店 都福株式会社 大阪営業所

代理店 東京材料株式会社

東京都品川区北品川5-1-1
電話 東京(4)1-5722(代表)

大阪府北区老松町1の17大建ビル TEL(34)638

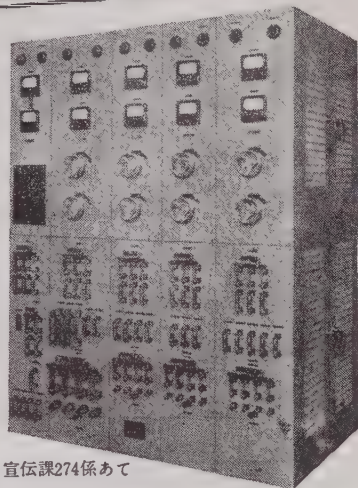
東京都中央区銀座東5-1-1 TEL(54)5061

あらゆる
直流電源
に.....

スタンレー セレン/シリコン整流器

直流機器の心臓部には、最高の設計技術で完べきの性能を誇るスタンレー整流器をご用命下さい。アフターサービスも満点ですから安心してご使用願えます。

- 特 長**
- 品質が均一であること。
 - 効率がきわめて高いこと。
 - 性能が安定し寿命が長いこと。
 - 取扱い・保守が簡便であること。
 - 価格が経済的であること。



ANLEY

カ タ ロ グ 呈 東京都目黒区中目黒2-605 スタンレー電気K. K. 宣伝課274係あて

あらゆる産業で
活躍する!!

ナカムラ

配電盤 / しゃ断器

〈屋外閉鎖型配電盤〉しゃ断器RB-25型収納



〈KH-109〉

中村電機

（業案内）送呈 電 531 5月号と附録 京都市外向日町 株式会社 中村電機製作所 （電話）向日町 531～5

最大の生産と最高の品質管理を誇る



JIS表示許可
防衛庁認定工場

日本抵抗器

カタログ進呈



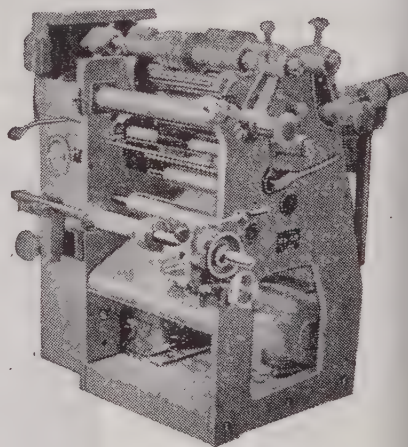
株式
会社

日本抵抗器製作所

東京都品川区大井町2丁目23番 電話 (701) 9450・4211
8554・8594
大阪市大淀区南丸町2の20 電話 (37) 8756 (代)

S スリッター

アルミ箔、コンデンサーペーパー、スチロール、マイラー等を所定の巾に切断し捲取るもので、最大巾 300mmの資料から最小巾5mm迄切断できる。従来の機械を改造し、一新した新鋭機である。



株式 明製作所
会社

本社 東京都品川区大井町2丁目23番 (491) 9125-9
大阪出張所 大阪市北区堂島上2の39毎日産業ビル (34) 6540

未来につながる技術の結晶

主要製品

巻鉄心変圧器・電力用変圧器

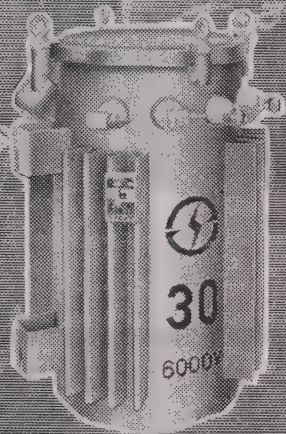
各種特殊変圧器・ネオン変圧器

電気カンナ・小形モーター

アイチのトランス



株式会社 愛知電機工業所



本社 愛知県春日井市松戸町3880 電話 春日井-2131
東京支店 東京都港区芝田村町4の3 電話 431-0646・6206
名古屋支店 名古屋市東区浅井町2の2 電話 4-9-5886
大阪支店 大阪市東区淡路町4の25 電話 26-9-2447
札幌 仙台 福岡 岡山 四日市

NICUM

電気機器

真空

(ワニ)

の絶縁を完全にする
乾燥・含浸装置
・コンパウンド含浸装置)

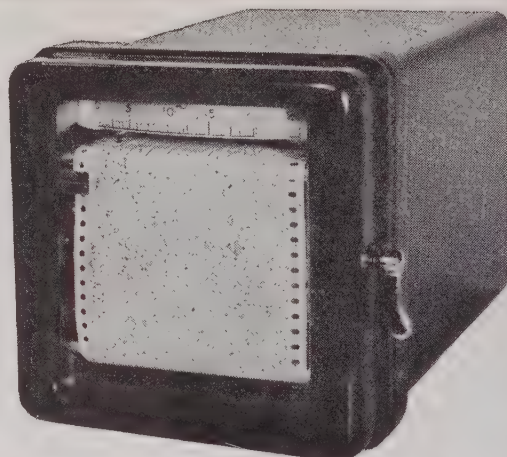
主なる 愛知電機・中国電力・安川電機
納入先 沖電機・三菱電機・北辰電機・住友機械
東洋レーヨン・オリチン電機 三洋電機

日空工業株式会社

本社 大阪市西区江戸堀南1-3の18
電話 757 44-181, 9512~4
東京出張所 東京都台東区二長町1-1
電話 2631-2161 (代弁)

小型記録計

富士機器の



温度・電圧・電流・その他各種の測定記録に・又図示パネル用計器としても最適です。

性能 ①大きさ 130 mm 角 奥行 217 mm ②重さ 約 3 kg ③記録方式 熱ペン式 ④記録紙有効巾 70 mm 記録紙 1 巻 10 日間有効 ⑤記録紙速度 1 時間 25 mm/h ~ 75 mm/h ⑥感度 50 μ A 又は 20 mV 以上 (フルスケール) ⑦使用電源 AC 100 V 50 \sim or 60 \sim 6 W ⑧真空管等は使用せず

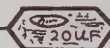


販売 富士電機製造株式会社 製造 富士機器株式会社
本社 東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番地 (旧社名 コス測定器株式会社)

マルコンシリーズ No. 1

新製品・タンタル固体電解コンデンサ

SOLPET



小サケテ品質ノヨイ

電 解 コンデンサ
タルタン コンデンサ
油 入 コンデンサ
M P コンデンサ



東京電器株式会社

東京営業所 東京都中央区日本橋本町 4 ~ 9 TEL (201) 94 94
大阪営業所 大阪市北区絹笠町 5 0 TEL (34) 87 20

バリスター

サーミスター

営業品目

サーミスター
バリスター
亜酸化銅整流器
サーミスター 温度計
サーミスター 温度調節器
サーミスター 風速計

サーミスター
風速計



株式会社 芝浦電子製作所

本社 東京都板橋区前野町1~3 電話 (961)5328(代)
川口工場 埼玉県川口市飯塚町1~346 電話 川口 3253

LINEARFORMER

(超直線型差動変圧器)

差動変圧器と応用測定器のデパート
(0.0002 mm~100mm まで測定出来ます)

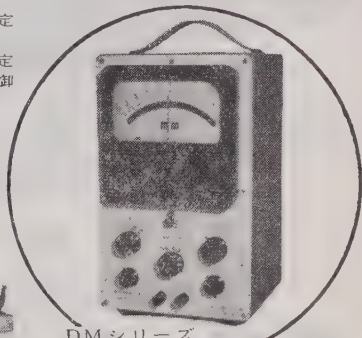
主用途

- 厚さ、太さ、粗さ、伸び、縮み、撓みの測定
- 寸法検査 自動定寸 自動選別
- トルク、応力、動力、歪、振動、加速度の測定
- 張力、圧力、重量荷重、流量、液位の測定制御

全電気誤差自動補償



DSシリーズ超直線型差動変圧器標準品31種



DMシリーズ
変位測定器標準品19種

特許・実新6件 (出願中)



新光電機株式会社

神戸市灘合区雲井通2-6 TEL神戸(2)5514
東京都中央区日本橋室町4-4神戸銀行室町ビル TEL(241)0946

カタログ進呈

NON METALLIC HEATING ELEMENT

エレマ発熱体

主要營業品目
エレマ
エエ大保特
レ型ガ殊
マニス耐
抵抗クロ面火
電ムロ気物
抗腐蝕
体
(SIC被膜)



東海高熱工業株式会社

本社 東京都千代田区神田旭町2大蓄ビル 電話(251)5131(代)
営業所 大阪・名古屋・福岡・富山・広島・仙台
工場 名古屋・京都

スタータイト



ALP

ふつ素樹脂製品

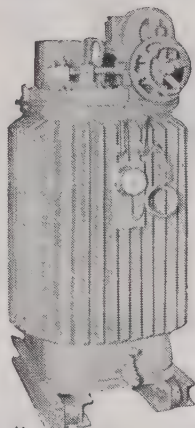
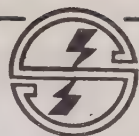
ポリ4ふつ化エチレン

- ▶ 棒 管 円筒 板 テープ
- ▶ 軸受 パッキング ピストンリング
- ▶ 絶縁・耐食・耐熱・耐寒・非粘着性
- ▶ 電気・機械・化学あらゆる工業材料

スタータイト工業株式会社

本社 大阪市淀川区天神橋筋六の五(天六阪急ビル) 電話 大阪 (35) 5736・8102・7071
東京支店 東京都中央区八重洲一の三(呉服橋三和ビル) 電話 東京 (271) 5501 代表
製造所 大阪市城東区茨田徳庵町一七〇八 電話 大阪 (33) 9031 代表

誘導電圧調整器



定 格

単相 50 ω
3,300V \pm 50%
容量 40kVA

営業品目

電力用変圧器
高圧変圧器
単捲変圧器
誘導電圧調整器
ネオン変圧器
直流高圧発生装置
スポット・
ウエルダー

インダクション・
コイル
テスラ・コイル
S.O式電気浄油機
鉄共振型定電圧装置
計器用変成器,
変流器
雑音防止器
油試験機

株式会社 整 電 社

東京都渋谷区元広尾町1番地
電話 東京 (473) 1687, 1860, 1861, 1862, 1863



最古の伝統と最新の技術を誇る

富士金属の バイメタル

●真空熔解に依る

富士金属株式会社

本社・工場 大阪市東住吉区加美春日町 27 電話大阪 (79) 5505~7
東京事務所 東京都中央区日本橋兜町2の55 電話東京 (671) 5417・1586~7
大阪事務所 大阪市西区阿波座中通2の47 電話大阪 (54) 2134・5641~3

差動変圧器

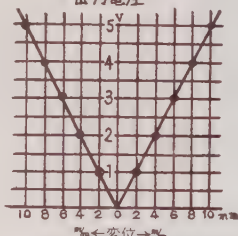
型 名	直線範囲 mm	周波数 cps	感 度 V/mm
LT-1	± 4	50~5000	0.35
LT-2	± 8	50~5000	0.50
LT-3	± 14	50~5000	0.50
LT-4	± 20	50~5000	0.40

御希望による特殊製作も致して居ります

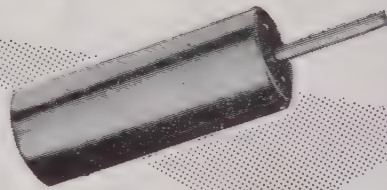
特性の一例

(入力 1 kc, 5 v 負荷 50 k Ω)

出力電圧



残留電圧 0.001V



特 徴

出力電圧は可動部の変位を精密に比例し

広範囲の負荷抵抗に应予

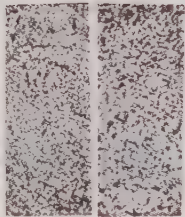
リニアトランス研究所

営 業 所 大阪市南区生玉町 8 カロンビル Tel 大阪 (75) 5510
第 二 工 場 布 施 市 岸 田 堂 197 Tel 大阪 (72) 8344

特 許
特殊銀酸化カドミウム接点

T.O.コンタクトメタル

新しい電気接点材料として銀酸化カドミウムの優秀性は当社が昨年 T.O. コンタクトメタルを完成発売してより急速に認められ各機器に御採用を数多く受けて居ります。



TOB-2x300 TOB-3x300

御使用機器
電 磁 開 閉 器
ノーヒューズ
ブレーカ
サーモスタット
各種制御機器
各種電機機器
マイコンスイッチ
マニピュレータ
自動車電装品

特 徴

融着無、腐蝕、点度上昇、接触抵抗、導電性、耐熱性、耐久性大

製造品目

T.O. コンタクトメタル
粉末冶金接点
貴金属合金接点各種

中外接点株式会社

本社・工場 東京都目黒区高木町 1509 Tel. (717) 1111~6
足立工場 足立区本木町 3-5310 Tel. (881) 6188~9

EP型 静電電圧計

新 製 品

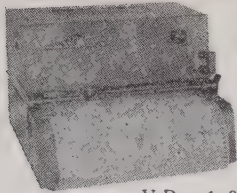


製造品目 光式計器・電子管式記録計
検流計・直流電位差計・直読オーム計 他



有限村山電機製作所

東京都目黒区中目黒3丁目1163
電 話 目黒 (712) 0076・0077



VR-100N

注!!

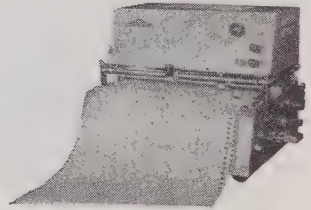
VR-100Nの開発により
応用範囲が飛躍的に拡大
されました。

それは入力回路が筐体から
絶縁されたからです。

ARICORDER

1. 要素の記録が容易である。
2. 追従速度が非常に速い。
3. 入力抵抗が大きく零点調整が全域
4. 小型軽量のため移動に便利。
5. 価格が安い

VR-200G



日本電気機材株式会社

本社・工場 京都市中京区西ノ京上合町 17
東京サービス 東京都千代田区神田司町 2-15
ステーション 電話 (231) 2736

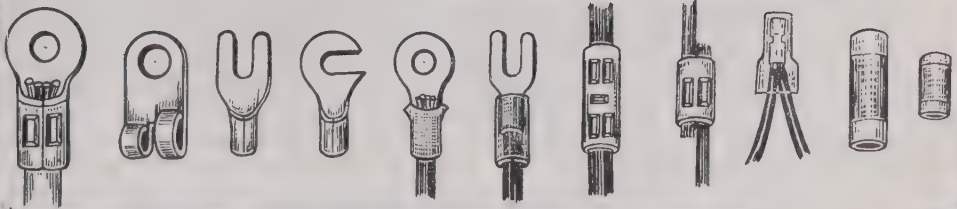
KYOTO TEL (84) 4396-8
(82) 0395-6

あらゆる電線の
末端接続処理に!



N.D.K印

圧着端子



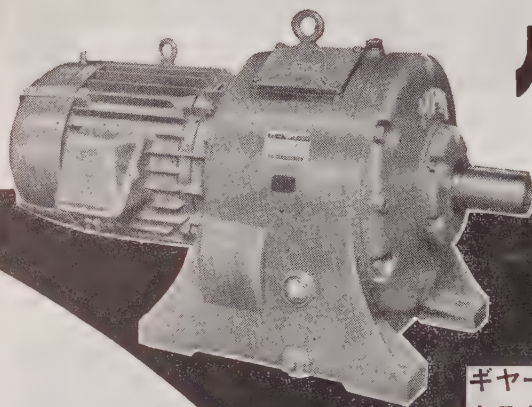
カタログ進呈

圧着接続子
圧着工具
鋼管ターミナル各種

日富電業株式会社

本社・工場 大阪市大淀区本庄西通 2ノ1 TEL (37) 2151・2152・4686
東京出張所 東京都世田谷区下代田町 181 TEL (414) 6602

あらゆる機械の動力源に



ハンシン

ギヤードモートル

主要製品

減速機・増速機

ギヤードモーター

モータープーリー

ローラーフレックス

カップリング

ギヤーセービング
クラウニング加工



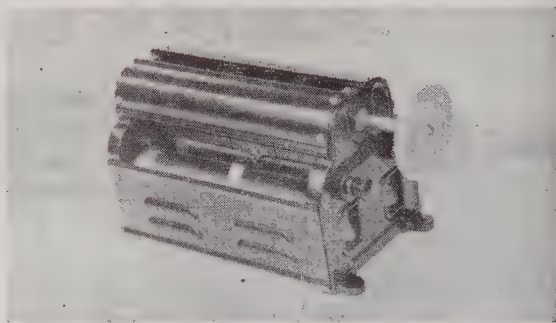
阪神動力機械株式会社

本社及工場 大阪市此花区四貫島元宮町16番地・電話大阪(46)代表6551番
東京営業所 東京都千代田区神田和泉町1の11・電話東京(866)5759番

摺動抵抗器

手動用・モーター駆動用

品質最高
納期迅速
!!



上記写真はモーター駆動用プーリーをつけたところ。
このプーリーにハンドルをつけ、微細調節用とすることもできます。

カタログ贈呈

SS型単心摺動抵抗器 75種類
DS型双心摺動抵抗器 90種類

東京精電株式会社

東京都港区芝南佐久間町1～5
電話 (501) 9349, 9522



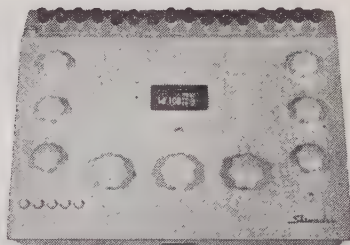
Shimadzu

あらゆる産業の生産性を高める
島津オートメーション計器

最高の精度・やさしい測定

現字式

万能直流電位差計
ブリッジ



PD形 現字式万能直流電位差計

測定範囲：高域0-1.61V、中域0-0.161V、低域0-0.0161V、倍率器による最高範囲322V
許容差：高域 $\pm 0.01\% + 20\mu V$ 、中域 $\pm 0.015\% + 3\mu V$ 、低域 $\pm 0.015\% + 0.5\mu V$

BD形 現字式万能直流ブリッジ

測定範囲：100-0.01m Ω 、100-0.01 Ω 、100-0.01K Ω 、100-0.01M Ω
最小測定範囲：m Ω の小數以下3位



ひと目で読める測定値

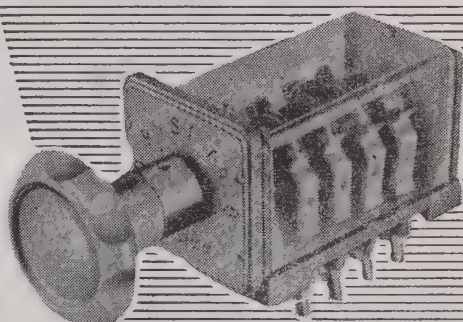
株式会社島津製作所

本社 京都市中京区河原町二条南
支店 東京・大阪・福岡・名古屋・広島・札幌

小型 操作開閉器

配電盤等でその用途とスペースにマッチするよう極力小型に、また電氣的・機械的にも連続使用に際して充分その機能を發揮し使用に耐え得るよう設計製作したものであります。一般的に電気回路の切換・開閉遮断等から電流計・電圧計等の種々計器の切換操作・遠方操作に使用して充分その用途に応じることが出来ます。

その他あらゆる電気操作回路の構成に使用できコンパクトに組み込むので無駄がはばけ経済的です。その上接触部分等は別個に取り外し点検や構成上の変換も簡単なため非常に便利であります。

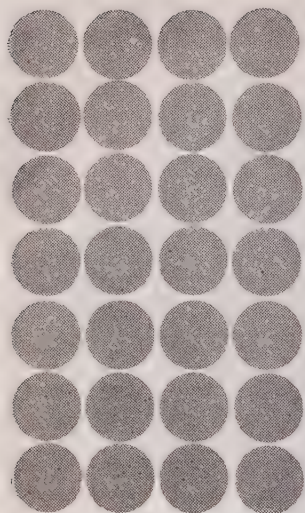


(カタログ贈呈)

種類……一般標準型
計器用標準型
多連別型見積製作

営業所移転

製造元 株式会社 大成電気研究所 新住所 東京都豊島区巢鴨7の1872
電話 大塚(941) 4526



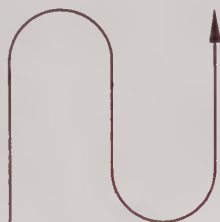
燐青銅 / 洋白

ベリリウム銅・モネルメタル

その他特殊銅合金



3222号



佐藤金属工業株式会社

本社 東京都港区芝浜松町3丁目5 電話 芝(431)7166(代表)

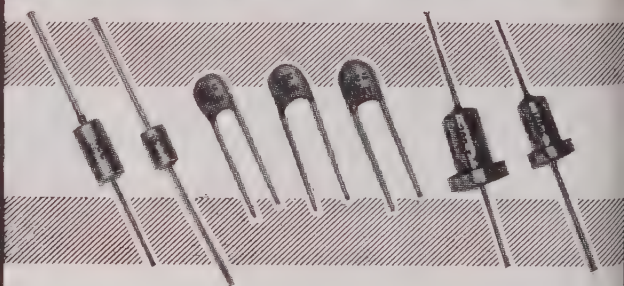
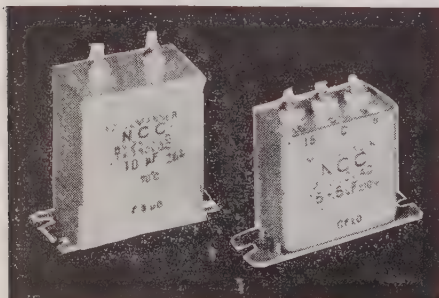
工場 浦和市白幡 966 電話 浦和2611・3162

NCC

高信頼度・高性能の

エレクトロニクス用
オートメーション

NCCコンデンサ



固体タンタルコンデンサ TAX型 金属ケースハーメチックシール
コンデンサ TAF型 Epoxy Dip
湿式タンタルコンデンサ TAC型
MPコンデンサ チューブラ、箱型
各種フィルムコンデンサ
オイルチューブラ シルバードマイカ

NCC

(説明書贈呈)



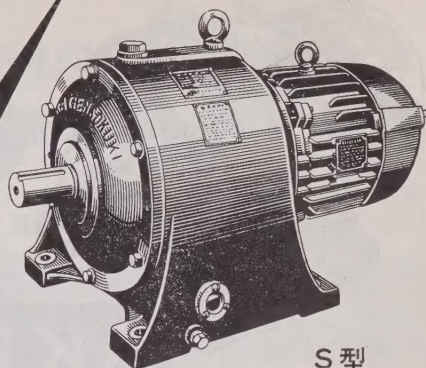
許可番号
No. 3482
No. 5978

松尾電機株式会社

大阪府豊中市大字洲止124 電話大阪(9)0828(代)・0829-0069
東京都千代田区神田淡路町2の6 電話東京(291)4448-9

OGS

あらゆる産業を増産に導く
1961年のエース!



S型

ギヤード モートル

ギヤーシェービング及
クラウニング加工

株式会社 大阪減速機製作所

本社 大阪市生野区大反町三丁目
東京営業所 東京都台東区御徒町三丁目
九州営業所 福岡市大名町88ワコビル516
北海道代理店 本多産業株式会社札幌支店
札幌市北二条西四丁目

オートメーション化には、優良AVRを!!

定電圧

防衛庁各官衛隊指定納入品

日・米・独特許

の御相談は
我国唯一の 各種AVR
総合メーカーへ

あなたの優秀なる御設計には………次の何れかが………必ずミートします。

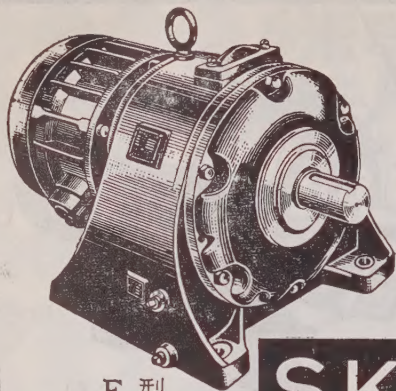
摺動型→TH型→周波数の影響なし、波形歪みなし、精度±1%以内、応答5秒以内	200kVA迄
→TB型→同上、精度±1%以内、応答4秒以内	200kVA迄
→MR型→同上、精度±3%以内、応答10秒以内	5kVA迄
磁気増幅型→MA型→46%~61%、歪率5%以内、精度±0.5%以内、応答10% (0.2秒) 以内	50kVA迄
→TM型→46%~61%、歪率5%以内、精度±0.5%以内、応答5% 以内	5kVA迄
電子管型→TR型→46%~61%、歪率5%以内、精度±0.1%以内、応答1% 以内	5kVA迄
鉄共振型→FS型→47~51、57~61%、精度±2%以内、応答1% 以内	5kVA迄
誘導型→ID型→46~51、56~61%、歪率10%以内、精度±2%以内、応答30秒以内	200kVA迄
定電流装置→CS型→46%~62%、精度±1%以内、応答1秒以内	5kVA迄
発電機用型→FR型→47%~61%、精度±2%以内、応答約1秒	500kVA迄
電気炉自動制御装置→弊社のAVRを使用し、高性能、高効率、低廉なる自動温度調節装置	200kVA迄
整流装置→SR型→電圧及周波数の変動する交流電源から、電圧精度±1%以内の安定した直流を得られる。	
電池用型→バッテリーの代用又はバッテリーの浮動充電用其の他の直流電源	
瞬時制動モーター→起動トルク…大、3% (1/6秒) 以内に瞬時停止並に逆転、起動電流…小、サーボモーターに最適	



桂川電機株式会社

東京都大田区矢口町418番地
TEL (731) 0181 (代表) ~5

【型録贈呈】



F 型

3

つの特徴

軽量 強力 低廉

SKKギヤードモートル

ギヤーシェービング・クラウニング加工



株式
会社

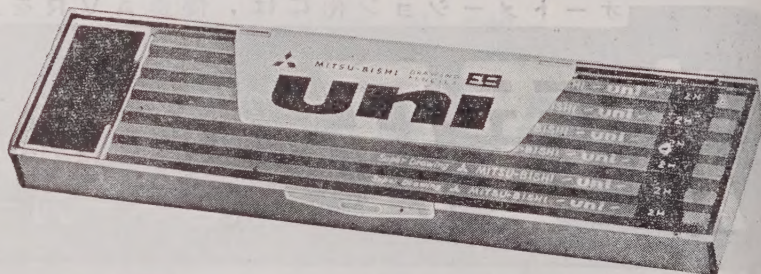
精機工業所

社長 龜山多通雄

尼崎市上坂部

電話 大阪 (48) 5921~7

支店 出張所 東京・福岡・札幌・名古屋



uni

ユニは三菱鉛筆の総力を挙げて完成した最高級の製図用鉛筆です。

ユニとは ONE の意味の英語で——現代に存在する唯一のもの——として敢えて名付けました。



三菱鉛筆

本誌広告取扱店

広

和

堂

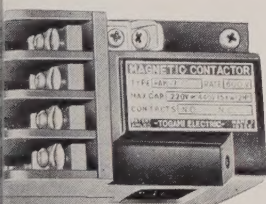
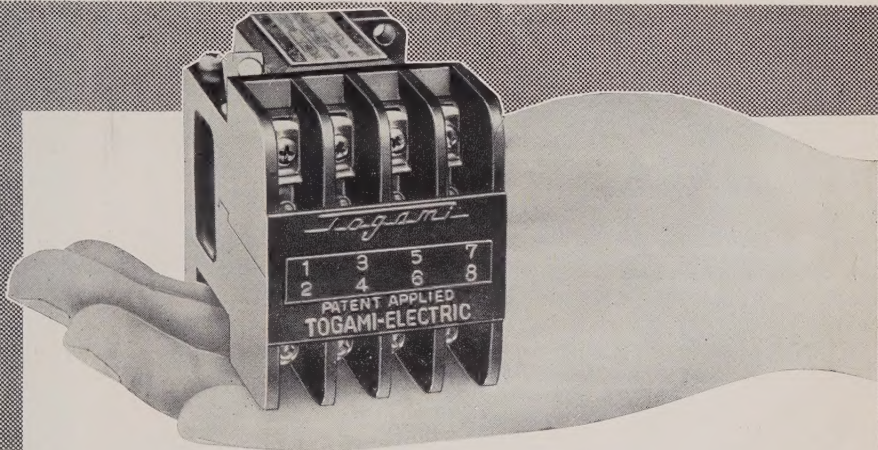
東京都中央区銀座西8ノ9
第3一越ビル5階電話 (571)6836・8763
(572)0606



Tagami

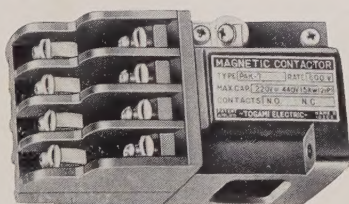
PAK 7型 電磁開閉器 補助継電器 生まる

1.5 KW (2HP) までのモータルの安全運転と、各種機器のオートメ制御に最適です
写真の如く超小型で性能、信頼度高く、オートメ用補助継電器として、その利用度が高い



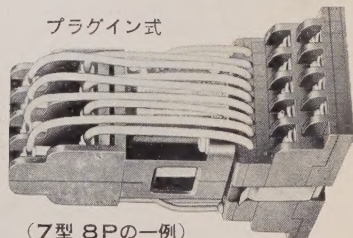
7型 補助継電器 4P

ター起動用の場合 (7A) ... 4a
継電器として (10A) ... 標準 4a
例 (10A) ... 3a 1b, 2a 2b



7型 8P (2段式構造)

本器は左図の 4 P を 2 段式の 8 P とし、
主として継電器用で、4a 4b を標準と
します。



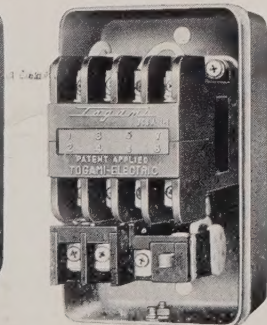
プラグイン式

(7型 8P の一例)

最近コントロールセンター等の電磁開閉器
や補助継電器類は、プラグイン式となり
急速に交換する事を得るようになります
あります。本 7 型もプラグインベースを
用意しております。なお大型用は配電盤
に引出し方式とすることもできます。



7型 電磁開閉器



本器の内部構造

7型には専用の
超小型熱動継電
器があり簡単に
取付可能です。

東京営業所	一港区芝虎ノ門 実業会館ビル	(電・(591)3900~2)
大阪営業所	一北区芝田町44 芝田ビル	(電・(312)3271~5)
名古屋営業所	一名古屋市駅前 住友銀行ビル	(電・(54)0623・2723)
福岡営業所	一天神町58 天神ビル	(電・(74)0300・0308~9)
札幌営業所	一大通西5丁目 大五ビル	(電・(2)3699・(4)4910)
東京戸上商事	一千代田区神田旭町 大蓄ビル	(電・(251)5285・7546・3645)
大阪戸上商事	一北区芝田町44 芝田ビル	(電代表(312)4951)
広島出張所	一広島市三川町中央通23	(電・(2)1751)
静岡出張所	一静岡市紺屋町5ノ7	(電・(2)6132)
富山出張所	一富山市安住町22	(電・富山(2)3471)
宇部出張所	一宇部市西区松島町2丁目2ノ5	(電・宇部(2)2533)
仙台出張所	一仙台市駅前第一ビル6階	(電・仙台(5)0711)
本社工場	一佐賀市大財町385	(電・佐賀(代表)4121)
名古屋工場	一熱田区花表町3ノ18	(電・(88)7437・0112)

戸上電機製作所

昭和二十二年八月二十六日
第三種郵便物認可

昭和三十六年四月二十六日
昭和三十六年五月一日

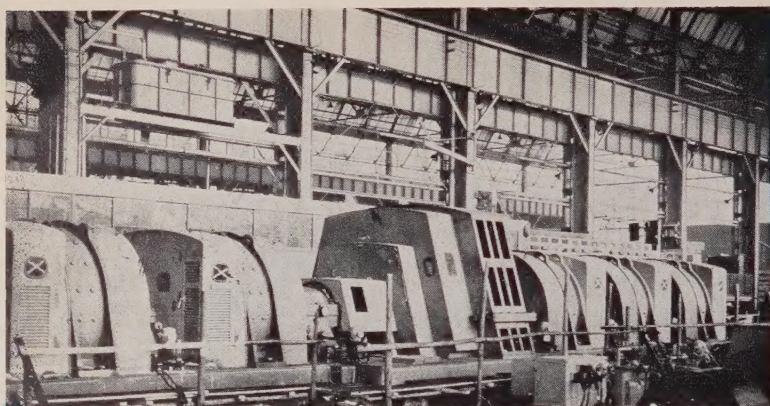
発行所

(毎月一回一日発行)

電気学会雑誌

第八十一巻 第五冊 第八七二号

定価一部百五十円



No. 1 主電動発電機群

東芝では、日本鋼管株式会社水江製鉄所に新設される五基連続冷間圧延機用の電気品を完成しました。この圧延機電気品は、東洋最大容量で、また最高圧延速度をもっており、近く運転開始の子定です。納入の主なる電気品は次のとおりです。

主電動機

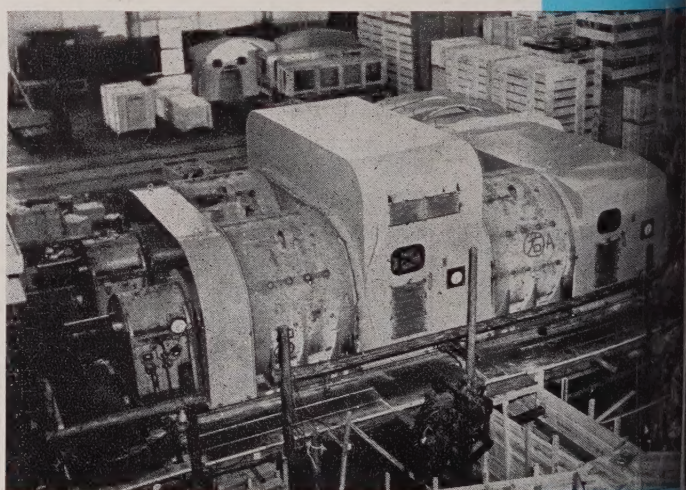
第1スタンド用直流電動機	1,900 kW-90 / 270 rpm
第2スタンド用直流電動機	3,400 kW-150 / 350 rpm 複電機子形
第3スタンド用直流電動機	3,400 kW-225 / 510 rpm 2電動機形
第4スタンド用直流電動機	3,700 kW-350 / 700 rpm 2電動機形
第5スタンド用直流電動機	2 × 2,200 kW-400 / 800 rpm 2電動機形双電動機駆動
リール用直流電動機	1,000 kW-300 / 1,260 rpm 3電動機形

主電動発電機

No. 1	直流発電機	5 × 2,000 kW-600 rpm-750 V
	同期電動機	1 × 11,000 kW-600 rpm-6,300 V-50%
	直流発電機	5 × 2,000 kW-600 rpm-750 V
No. 2	直流発電機	1 × 1,250 kW-600 rpm-750 V
	同期電動機	1 × 11,000 kW-600 rpm-6,300 V-50%

Toshiba

冷間圧延機電気品
東芝



第5スタンド用直流電動機

東京芝浦電気株式会社

またも記録品